

201 EP 0 84 826
(copy filed 8.23.92)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-155181

(43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.Cl.

H04Q 7/36
H04J 3/00
H04Q 7/22
H04Q 7/24
H04Q 7/26
H04Q 7/30
// H04J 3/16

(21)Application number : 09-301150

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 31.10.1997

(72)Inventor : AVIDOR DAN
KASTURIA SANJAY
SIZER THEODORE II
VALENZUELA REINALDO A
WRIGHT GREGORY ALAN

(30)Priority

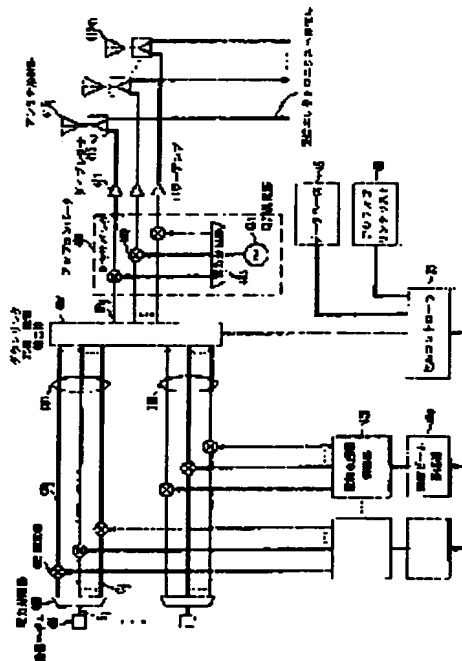
Priority number : 96 745382 Priority date : 08.11.1996 Priority country : US

(54) TIME SLOT ASSIGNMENT METHOD AND READABLE STORAGE MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid deterioration in quality of an active speech and channel interruption by providing a multi-beam antenna whose direction is controllable to a base station in a time division multiplex permanent radio loop system and controlling a plurality of transmission and reception beams changed timewise and assignment of time slots in cross reference with each other and allowing the base station to make communication with a single terminal equipment in the assigned time slot.

SOLUTION: A cell controller 25 based on information of a database 45 gives the instruction of configuring an antenna pattern to realize an optimum signal to interruption signal ratio to a transmission beam shape device 40a. The database 45 as information relating to an interference level between all possible channels in a cell and a possible channel in an adjacent cell and the information is updated by measuring signal strength periodically. A transmission frequency and a reception frequency are slightly different and a reception beam with an antenna pattern with a optimum signal to interference signal ratio is formed similarly.



LEGAL STATUS

BEST AVAILABLE COPY

[Date of request for examination] 05.04.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3245105
[Date of registration] 26.10.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-155181

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 Q 7/36

H 0 4 B 7/26

1 0 5 D

H 0 4 J 3/00

H 0 4 J 3/00

H

H 0 4 Q 7/22

3/16

Z

7/24

H 0 4 Q 7/04

A

7/26

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-301150

(22) 出願日

平成9年(1997)10月31日

(31) 優先権主張番号

08/745382

(32) 優先日

1996年11月8日

(33) 優先権主張国

米国 (US)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド

Lucent Technologies
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(72) 発明者 ダン アビドー

アメリカ合衆国、07712 ニュージャージ
ー、オーシャン、ダニエル ドライブ
380

(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

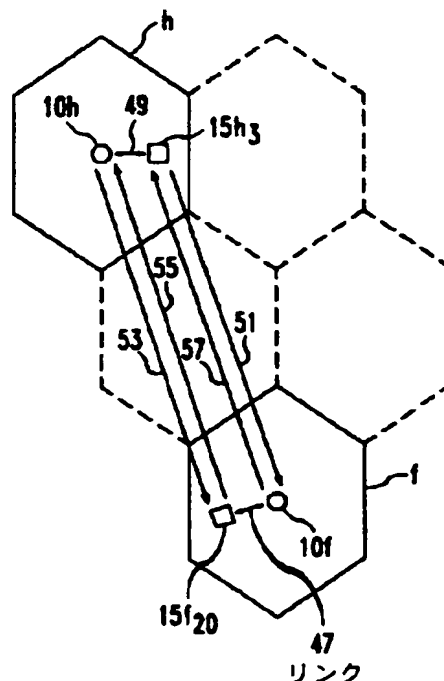
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 時間スロット割り当て方法及び読み出し可能記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 符号分割多重アクセス方式ベースの固定無線
ループシステムにおける、基地局のアンテナがセル内の
全ての端末に連続的に電力を供給し続けること。

【解決手段】 本発明に係る時分割多重固定無線ループ
システムシステムは、各々基地局及び複数個の端末を有
する複数個のセルを有している。基地局は、固定アンテ
ナを有する各端末と通信するための方向制御可能かつ調
節可能なマルチビームアンテナを有している。各基地局
に係るセルコントローラは、通信時間スロットを、同一
の時間スロットを共有している基地局/端末リンク間の
相互干渉を最小にするように割り当てる。スロット割り
当ては、データベースにストアされている地域的な、周
期的に更新される干渉測定に基づいている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第一通信者対間での通信をサポートする目的で固定された個数の時間スロットのうちの一つを割り当てる、あるいは割り当てないように選択する方法において、

前記第一通話者対のうちの一方は伝送を受信し他方は送信し、

前記割り当てられる時間スロットは各々送信側通話者及び受信側通話者を含む他の通話者対間の通信をそれぞれサポートしており、

通信中の通話者よりなるあらゆる対間通信が同一の時間スロットを共有している通信中のあらゆる別の通話者対に干渉を引き起こす可能性を有しており、前記方法が、

(A) 前記固定数の時間スロットのうちの第一時間スロットに対して割り当てられた場合に前記第一対のレシーバが受ける干渉を推定する段階と、

(B) (i) 前記段階(A)において推定された前記干渉が十分に低い場合に前記第一時間スロットを共有している前記他の通信対の各々の受信側通話者が受ける干渉を推定する段階；あるいは、(ii) 前記段階(A)において推定された前記干渉が残念ながら強い場合に別の時間スロットを選択して当該新たに選択された時間スロットに関して前記段階(A)を反復する段階；あるいは、(iii) 割り当てられる時間スロット全てに関して前記干渉が推定されてそれら全てが残念ながら強いことが見出された場合に時間スロットを割り当てない段階と、

(C) (i) 前記段階(B)(i)に従って各々の通話者に関して推定された前記干渉が十分に低い場合に前記時間スロットを前記第一対に対して割り当てる段階；あるいは、(ii) 前記段階(B)(i)において推定された前記干渉が残念ながら強い場合に別の時間スロットを選択して当該新たに選択された時間スロットに関して前記段階(A)を反復する段階；あるいは、(iii) 割り当てられる時間スロット全てに関して前記干渉が推定されてそれら全てが残念ながら強いことが見出された場合に時間スロットを割り当てない段階；あるいは、(iv) 前記段階(B)(ii)において新たに選択された時間スロットに関して段階(B)、及び必要な場合には段階(C)を反復する段階とを有することを特徴とする時間スロット割り当て方法。

【請求項 2】 前記段階(A)の前記干渉を推定する段階が、さらに、信号対総干渉信号比を推定する段階を有していることを特徴とする請求項第 1 項に記載の方法。

【請求項 3】 前記段階(A)において、前記信号対総干渉信号比が、前記第一対の前記レシーバ及び前記他の全ての受信対のレシーバが受ける相互干渉を表わすデータを有するデータベースにアクセスすることによって推定されることを特徴とする請求項第 2 項に記載の方法。

【請求項 4】 前記通信が、複数個のセルを有するシス

テムにおいて発生し、前記各々のセルが基地局及び複数個の端末を有しており、

前記通話者対の各々が同一セルを共有している基地局と前記端末のうちのひとつから構成されており、

前記第一通話者対が前記複数個のセルのうちの第一セルに位置して前記他の通話者対のうちの少なくとも一つが前記複数個のセルのうちの第二セルに位置しており、

前記第二セルに位置している前記通話者対の前記レシーバが受ける前記干渉を推定する前記段階が、

(a) 前記第二セル中の活動を制御しているセルコントローラから前記第二セル中の前記通話者対が受ける、前記第一対の効果を含まない前記信号対総干渉信号比を得る段階と、

(b) 前記第二セル内の通話者対が受ける干渉を表わすデータを前記データベースから前記第一対間の通信の結果として得る段階と、

(c) 前記第二セル内の前記通話者対の前記レシーバが受ける前記干渉を前記段階(a)において得られた前記推定値及び前記段階(b)において得られたデータを用いて推定する段階とを有することを特徴とする請求項第 3 項に記載の方法。

【請求項 5】 前記第一通話者対の前記レシーバが基地局に位置しており、前記段階(A)における前記干渉の推定が前記同一の時間スロットを共有している前記他の通信対のうちの少なくとも複数からの干渉を減衰させるノッチを有する受信ビームに基づいてなされることを特徴とする請求項第 1 項に記載の方法。

【請求項 6】 前記ノッチが信号を減衰させる能力を表わす深さによって特徴付けられており、前記段階(A)が、さらに、推定されたノッチ深さを用いる段階を有していることを特徴とする請求項第 5 項に記載の方法。

【請求項 7】 前記ノッチが信号を減衰させる能力を表わす深さによって特徴付けられており、前記段階(A)が、さらに、計算されたノッチ深さを用いる段階を有していることを特徴とする請求項第 5 項に記載の方法。

【請求項 8】 プログラマブルコンピュータと共に用いられる符号化済みコンピュータ読み出し可能プログラムインストラクションを含むコンピュータ読み出し可能記録媒体において、

前記インストラクションは前記コンピュータに端末による基地局との通信の要求を処理させ、前記処理が前記端末が前記基地局宛に送信するのに適したアップリンク通信時間スロットを検索する段階を有しており、

前記基地局でのレシーバにおける干渉が許容可能な受信を実現するために選択された所定の値よりも低く、

前記要求側端末による送信が他の通信中の基地局の干渉を許容可能な受信を実現するために選択された所定の値を超えるほどに増加させることはなく、

前記処理段階が、さらに、前記基地局が前記端末に対し

て送信するのに適したダウンリンク通信時間スロットを検索する段階を有しており、

前記端末のレシーバにおける干渉が許容可能な受信を実現するために選択された所定の値よりも低く、
前記基地局による送信が他の通信中の端末の干渉を許容可能な受信を実現するために選択された所定の値を超えるほどに増加させることはないことを特徴とする読み出し可能記録媒体。

【請求項 9】 無線通信用第一通信リンクに対して時間スロットを割り当てる方法において、当該割り当てられた時間スロットを第二通信リンクも無線通信用に利用しており、前記方法が、

(A) 前記第一通信リンクと前記第二通信リンクとの間の相互干渉に係るデータをアクセスする段階と、

(B) 前記第一通信リンクが設定される以前に前記第二通信リンクが受けた干渉レベルに係るデータをアクセスする段階と、

(C) 前記第一通信リンクが引き起こす干渉及び前記第一通信リンクが受ける干渉が、前記段階 (A) 及び

(B) においてアクセスされたデータから決定された、適切な受信を実現するために選択された所定の値より低い場合に前記時間スロットを前記第一通信リンクに割り当てる段階とを有することを特徴とする時間スロット割り当て方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は無線ループシステムに関し、特に、時分割多重方式に基づく固定無線ループシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】固定無線ループ (FWL) 通信システムは、データ及び音声伝送の分配をサポートする。この種のシステムは、通常、“セル”に分割されている。各々のセル内に配置された基地局のアンテナが、やはり当該セル内に位置している複数の端末すなわちペリフェラル局との間での信号の送受信を行なう。セルは隣接している必要はない。一つのセルの基地局は、地形的あるいは他の要因によって規定された隣接するセルとの間の名目的な境界の内部のある選択された領域あるいは複数の領域に対してサービスを提供する。FWL システムに存在する送信源の数が大きいと、基地局のアンテナと端末との間の通信に対する著しい干渉が発生する可能性が増大する。この種の干渉は、同一セル内あるいは他のセル内の他の送信源によって発生する。

【0003】FWL システムは、通常、システムの能力を最大化しかつ干渉を緩和する目的で、周波数分割多重化 (FDM)、時分割多重化 (TDM) あるいは符号分割多重アクセス (CDMA) 等の方式を利用する。現在では、達成可能な能力、という観点からは、CDMA ベースの FWL システムが TDM 及び FDM システムより

優れている、ということが広く信じられている。その主たる理由は、TDM 及び FDM が、高周波数再利用ファクタが通常およそ 7 に制限されているのに対し、CDMA における周波数再利用ファクタは 1 に設定され得るからである。さらに、セクタ分割されたアンテナも、このような CDMA の優位性を増大させる。なぜなら、セクタ分割された基地局アンテナが利用可能である場合においても、TDM ベースのシステムにおける再利用ファクタを低下させることは現実的ではないと通常思われているからである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、CDMA ベースのシステムにおいても、TDM ベースのシステムとは相異なった制限が存在する。特に、CDMA ベースのシステムにおいては、基地局のアンテナは、セルすなわちセクタ内の全ての端末に対して連続的に電力を供給し続ける。TDM ベースのシステムにおいては、あるセルにおける基地局のアンテナは、ある時間スロットの間に活動している端末に対してのみ電力を供給する。それゆえ、TDM ベースのシステムにおいても、他のトランスミッタからの干渉を低減しかつ他のレシーバへの干渉を低減する可能性が存在する。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明 TDM ベースの固定無線ループシステムに係るシステム及び方法である。本発明に係るシステムは、各々基地局及び複数の端末を含む複数のセルから構成されている。各々の基地局は、同一のセル内の端末 (“セル内端末”) からの伝送を受信する目的の複数のアンテナビーム及びセル内端末への送信のための他のアンテナビームを生成する。受信ビーム及び送信ビームの各々は、時間スロットとして公知のある割り当てられた時間期間に単一の端末と通信する。

【0006】各々の基地局には、空中回線へのアクセス、及びビーム及び時間スロット割り当てを制御するセルコントローラが関連付けられている。本発明の新しい一側面においては、時間スロットは優勢なシステム干渉に基づいて割り当てられる。詳細に述べれば、受信すなわち “アップリンク” スロット、すなわち端末から基地局への伝送に用いられるスロット、の承認に関しては、セル内及びセル外のその他の送信中の端末に起因する基地局のレシーバにおける干渉レベルが、十分な受信が可能となる程度に低くなければならない。加えて、選択されたスロットにおける送信は、他のリンクを使用不能にすることがあってはならない。送信スロット、すなわち基地局から端末への送信に用いられるスロット、に関しては、同一のスロットでのセル内及びセル外送信ビームによる端末のレシーバでの干渉レベルが、十分な受信が可能となる程度に低くなければならない。さらに、そのスロットにおける送信ビームは、他のリンクを使用不能

にすることがあつてはならない。

【0007】セル外の干渉源に基づいて時間スロットを割り当てることは、隣接するセルのセルコントローラ間の通信を必要とする。本発明に係る別の新しい一側面においては、各々のセルコントローラが、セル内での基地局—端末間回線の起動及び停止に係る情報をシステム内の他のセルコントローラと共有する。この種のセル外変更の影響を推定する目的で、各々のセルコントローラは、そのセルコントローラ内のあらゆる可能性のある回線と隣接するセル内のあらゆる可能性のある回線との間の相互干渉レベルに係る情報を含む本発明に係るデータベースにアクセスする。本発明の望ましい実施例においては、各セルコントローラはそれぞれに固有のデータベースを有している。これらのデータベースは、システム状況を反映する目的で周期的に更新される。

【0008】端末による空中回線へのアクセス要求は、適切な送信及び受信スロットが見い出されない限り禁止される。そのため、本発明に係るシステムにおいては、必要な場合にはサービス要求をブロックすることによって、活動中の回線が中断されたり通話が落ちたりしないように保護されている。この種の保護は、ブロックによって進行中の通話の品質が徐々に劣化し、ある場合には通話が落ちてしまうことにつながるCDMAベースの方式とは好対照である。

【0009】端末からのサービス要求が受け入れられる場合には、セルコントローラはそのビーム形成器に対して、アンテナ出力において最適の信号対干渉信号比が実現されるようなアンテナパターンを構成するように指示する。

【0010】

【発明の実施の形態】説明を明瞭にする目的で、本発明の実施例は、個々の機能ブロックから構成されているものとして示されている。これらのブロックが表現する機能は、共用あるいは専用ハードウェアを用いることによって実現される。これらのハードウェアには、ソフトウェアの実行が可能なハードウェアも含まれるがそれらに限定されているわけではない。

【0011】本発明に従った時分割多重(TDM)ベースの固定無線ループ(FWL)システムは、従来技術に係る電話、データ、インターネットアクセス、マルチメディアサービス等をサポートすることが可能である。当該システムは、複数の六角形セル5を有するものとして概念的に捉えることが可能であり、これら複数のセルのうちの3つが図1に示されていて5a、5b及び5cによって識別されている。説明のために、個々のセルに特定の機能を参照する参照番号には、それがどのセルに属しているかを示す目的で、“a”、“b”あるいは“c”という英字が付加されている。セルあるいは機能全体を一般的に指し示す場合には英字は省略される。

【0012】前述された六角形というセルの形状は、無

線ループシステムの設計及び解析に係る古典的な形状である。しかしながら、セル5が理想的に六角形であるようなセル形状を有することに限定されているわけではない、地形的な要因のみならず種々の要因が、個々の実施例における所定のセル形状に影響を与える。

【0013】個々のセルには、中央に配置された基地局10及び複数の端末すなわちペリフェラル局15_{1-n}が存在している。基地局10及び各端末15_jは、アンテナ及びそれに関連した送受信用エレクトロニクスを有している。図1においては、それぞれ対応するセル5a、5b及び5c内に3つの端末15_{a1-3}、15_{b1-3}及び15_{c1-3}のみが示されているが、通常はあらゆるセルにおいてははるかに多くの数の端末が存在している。参照番号15_jは、単一の端末を一般的に参照するために用いられる。

【0014】本発明に係るFWLシステムの前述されているような配置が移動体セルラシステムに非常に良く似ていることは、当業者には容易に理解されるであろう。本発明に係るFWLシステムは、移動体ユニットの代わりに、複数の固定端末15_{1-n}を有している。このような固定端末は、通常屋根の上に配置されているタイプ等のアンテナを有している。

【0015】本発明の望ましい実施例においては、各々の端末のアンテナはある種の指向性を有している。しかしながら、大きさ及び費用に係る厳しい制限のため、これらのアンテナはわずかに指向性を有するのみである。各端末のアンテナは、それぞれ対応する基地局10のアンテナと対向している。本発明の望ましい実施例における端末のアンテナに係る詳細な記述は、本明細書の後半にあつた。

【0016】本明細書の後半において詳述されている適切なエレクトロニクス及び方法に関連して、各基地局10のアンテナは、送受信目的でセル5内全体を“ホップする”すなわち動きまわる複数のビームを生成する。図2においてセル5dに関して示されているように、前記生成されるビームには、第一周波数 f_1 において端末15_{d1-n}からの伝送を受信する“受信”すなわち“アップリンク”ビームが含まれる。生成されるビームには、さらに、第二周波数 f_2 において端末15_{1-n}へ情報を送信するために用いられる同数の“送信”すなわち“ダウンリンク”ビーム21dが含まれる。この種のデュプレクス動作は、前述されているように2つの相異なつた周波数 f_1 及び f_2 によるといったFDMを用いてインプリメントされることが望ましいが、デュプレクス動作をインプリメントするための別の方法、例えば時分割デュプレクス(TDD)等を用いることも可能である。“リンク”という用語は、本明細書においては、基地局10と端末15_jとの間のアップリンク及びダウンリンク通信の双方を指し示すために用いられる。

【0017】図2においては、5つの端末15_{d6-10}と

通信を行なうための3つのアップリンクビーム20 d₁₋₃と3つのダウンリンクビーム21 d₁₋₃が示されている。別の実施例においては、同程度の数の同時に生成されたビームがインプリメントされ得る。同時に生成されるビームの数を増加させると原理的にはシステムの能力が増加する。しかしながら、このようにビーム数を増加させると、干渉レベルをも増大させることになる。よって、セルあたりのビーム数は干渉レベルによって制限されており、例えば地形、端末の集中度、建物の高さ等の種々の要因によって変化する。セル当たりで同時に生成されるビームの数は、通常およそ2からおよそ7の範囲にあるものと考えられる。

【0018】前述されているように、本発明はTDMを利用する。よって、図2は、本発明に係るTDMベースのFWLシステムの動作を時間軸上の一点において示していることになる。図3に示されているように、時間軸は周期的なフレーム30に分割されており、各々が複数個の時間スロット35_{1-T}を有している。各々の時間スロット35_iにおいて利用可能な時間は、通常、プリアンブル31を伝達する目的、ユーザ識別及び同期情報32を提供する目的、“ペイロード”33を提供する目的、及びガードタイムを提供する目的、で不均等に分割されている。フレーム30は通常数百ミリ秒の持続時間を有するが、各々の時間スロットは著しく短い。ここで、フレーム30及び時間スロット35_i当たり割り当てられている時間が、特定のアプリケーション及びインプリメンテーションに際した嗜好に係る通信上の要求に依存して変化し得る。

【0019】時間スロット35_iの間に、アップリンクビーム20は単一の端末15_jからの情報を受信し、ダウンリンクビーム21は単一の端末15_j宛の情報を送出する。しかしながら、特定の端末に対するダウンリンク及びアップリンクは、必ずしも同時である必要はない。例えば、図2は、同一の時間スロットにおいて端末15 d₆と通信しているダウンリンクビーム21 d₁及びアップリンクビーム20 d₁を示している。他方、基地局10 dと端末15 d₇、15 d₈、15 d₉及び15 d₁₀の各々との間のダウンリンク及びアップリンクは同時ではない。

【0020】通常、端末15には、送受信に関して、時間フレーム30当たり単一のスロット35_iが割り当てられる。しかしながら、フレーム当たり1スロット以上が、同一のビームあるいは相異なったビームで、単一の端末15_jに対して割り当てられることも、通信要求によっては可能である。例えば、特定の端末15_jとの間で大量のデータ伝送がある場合には、その端末に対してはフレーム当たり複数のスロットが割り当てられ得る。

【0021】各セルにつき同時に“アクティブ”になり得るサポートされている端末の総数には、 $b \times T$ という

上限が存在する。ここで、 b はセル当たりのビーム数であり、 T はフレーム当たりの時間スロット数である。アクティブな端末15の実際の数、干渉を考慮すると、要求があった場合においても $b \times T$ よりは通常小さい。特に、ある時点においてサービスを要求している端末の位置に依存して、あるタイムスロットが激しい干渉のために使用不能になる可能性もある。さらに、そのようなスロットは、既にアクティブになっている端末との干渉を回避する目的で、未使用にしておく必要がある場合もある。

【0022】本発明の望ましい実施例においては、全てのビーム20及び21、及び全てのセル5におけるフレーム及び時間スロットの境界は、同期が採られているかほぼ同期が採られている。同期を採ることによって相互干渉の制御が簡略化される。しかしながら、同期を採ることによってある種の問題が生じる。なぜなら、セル5の半径方向に亘る伝播時間が連続するスロット間のガード時間よりも長い可能性があるからである。ガード時間を管理する目的で、各端末15_{1-n}の“送信開始”時刻は、端末15と基地局10との間の距離に比例した時間だけ、先に進められなければならない。このようにして、同一のセル及び時間スロットに属する端末15からの伝送は、その特定の時間スロットの間のみ互いに干渉しあう可能性があることになる。

【0023】上記状況は、セル外干渉の場合ではない。他のセル5からの著しい干渉は、その次の時間スロットの持続時間全体に亘って到達する可能性があり、通常その時点の時間スロットと連続した次の時間スロットとの双方に対して影響を与え得る。セル外干渉を取り扱う一つの方法は、干渉が双方の時間スロットに存在すると単純に仮定することである。この種のアプローチを取ると、干渉レベルを保守的に見積もることになる。

【0024】本発明に係る“干渉を制限した”FWLシステムは、短いリンクと長いリンクとの間での受信された信号強度の拡散を低減するための電力制御を含んでいることが望ましい。基地局への経路における損失が大きい端末は、損失が小さい経路を有する端末よりもより大きい電力で送信することが必要である。同様に、高損失経路を有する端末へ送信する基地局のトランスミッタは、低損失経路を有する端末へ送信する際よりも大きな電力を送信する。データベース作成及び更新に関して信号強度の測定がなされる場合には、正しい送信電力レベルが用いられる。

【0025】さらなる実施例においては、送信される電力が動的に制御され得る。この場合には、本発明に係るシステムはそれぞれの時点において存在している干渉電力を補償する。このような方式においては、システム内に存在する全てのトランスミッタから送信される電力は固定されていない。動的電力制御の一実施例においては、送信電力は、リンクが送信される以前に決定され、

その後は固定される。別の実施例においては、送信電力は、リンクの使用される品質に基づいていずれの時点においても変化させられ得る。

【0026】リンクが送信される以前に送信電力が決定されてその後は固定されるような実施例においては、セルコントローラ間での調停、計算及び情報の流れが、送信電力が可変であるような実施例において必要とされるものよりも、著しく少ない、という点に留意されたい。本明細書に記載されている本発明の実施例においては、送信電力は固定されている。電力制御は種々の方法によってインプリメントされ得るが、それらは当業者には既知である。

【0027】干渉レベルは、その時点でアクティブである他のリンクの位置に依存して、通常各リンク毎に著しく変化する。さらに、平均的には、アップリンクよりもダウンリンクの方が干渉を受けにくい。その理由は、ダウンリンクに係るセル内の干渉源起因の干渉、すなわち同一の基地局10から発せられる他のビームによって発生する干渉、が、所望の信号それ自体と関連して消失する可能性があるからである。なぜなら、それらは全て同一の経路を伝播するからである。

【0028】それに関連して、いくつかの望ましい実施例においては、適応符号化及び／あるいは変調方式が、それらを用いない場合には使用不能となる時間スロットを救う目的でインプリメントされる。例えば、要求される特性を単一の時間スロットが実現することが不可能である場合には、低レート符号化を有する2つの時間スロットが割り当てられ得る。

【0029】代替法として、もしくは適応符号化及び変調と組み合わせて、ある形態の時間ダイバシティ法が、複数の時間スロットを単一の端末15jに対して割り当てることによってインプリメントされ得る。これは、相異なった時間スロットに関する干渉が相異なったトランスミッタによって生成されており、それらが独立して消失する、という事実を利用したものである。このような方法は、各々の時間スロットにおいて単一の干渉源からの干渉が支配的であり、それらがレシーバに対してレイリー(Rayleigh)フェージングチャネルを介して到達しているような場合に特に有効である。別の実施例においては、角度ダイバシティが用いられ得る。この場合には、同一の時間スロットにおいて、相異なった方向から到達する2つの信号を利用するために、2つのビームが用いられる。電話技術の分野において一般的なことであるが、インストールされている端末15の数はシステムの容量を著しく超過している。すなわち、端末15jは、サービス要求をした場合に拒否される可能性がある。ある個数のインストールされた端末及びFWLシステムの通常の制限が存在する場合に、本発明に係るTDMベースのFWLシステムは、このような拒否の可能性を、従来技術に係るシステムと比較して、低減す

る。

【0030】よって、アクティブな端末15の組は、セル5内に存在する端末の総数のサブセットである。このサブセットは、休止状態の端末が要求を行ない、サービスを保証され、そしてアクティブ状態の端末がそれぞれのセッションを終了して"ハングアップ"するにつれて時間と共に変化する。本発明に従って、空中へのアクセスを制御するタスク、及びビーム20及び21及び時間スロット351-Tを割り当てるタスク、は、図17に示されているように、セルコントローラ25によって実行される。

【0031】セルコントローラ25は、各々のセル5の基地局に配置された適切にプログラミングされたマイクロプロセッサとしてインプリメントされることが望ましい。種々の機能の中でも、セルコントローラ25は、以前には休止状態にあった端末15からのサービス要求を受信して処理する。要求は、制御チャネル27を介して伝達される。この制御チャネル27は、システム容量に対する影響を少なくして種々の方法でインプリメントされ得るがそれらの方法は当業者には既知である。例えば、制御チャネル27は、アップリンク及びダウンリンクに用いられる周波数 f_1 及び f_2 以外の周波数を利用して実現され得る。

【0032】本発明に従ってセルコントローラが端末15jによるサービス要求を処理する方法の実施例が図4に示されている。101に示されているように、セルコントローラ25は、制御チャネル27を介してサービス要求S1を受信する。セルコントローラ25は、103に示されているように、その端末に対する適切なアップリンク時間スロットを検索する。

【0033】ここで示されている実施例においては、適切なアップリンクスロットは、以下の2つの条件を満足することが望ましい。第一の条件は、基地局のレシーバにおける干渉レベルが適切な受信を許容する程度に十分に低い、ということである。第二の条件は、その時間スロットにおける要求側端末による送信が、その時間スロットにおいて既に設定されている他の基地局によるリンクに対して、そのリンクの性能が受容不能になる程度までには影響を与えない、ということである。

【0034】適切なアップリンクが見い出された場合には、セルコントローラ27はその端末に対して適切なダウンリンク時間スロットを検索する(107)。ダウンリンクタイムスロットも、同様に2つの条件を満足しなければならない。第一の条件は、その端末のレシーバにおける干渉レベルが十分な受信を許容する程度に十分に低い、ということである。第二の条件は、その時間スロットにおける基地局による送信が、その時点で既に設定されている他の端末によるリンクの性能を受容不能になる程度までには劣化させてはならない、というものである。ここで、現時点においては、どの時間スロットが最

初に検索されるか、に関しては何ら嗜好はない、ということに留意されたい。

【0035】前述された“干渉レベル”及び“受容不能な性能”が、変調方式、フェージング環境等を含む（それらに限定されているわけではない）、種々の考察に依存したシステムデザインパラメータであることに留意されたい。この種の術語をFWLシステムの特定のインプリメンテーションに関して定義することは当業者には容易である。アップリンク及びダウンリンクスロットを検索する本発明に係る方法の詳細は、以下に図10を参照して記述する。

【0036】セルコントローラ25が適切なダウンリンクスロット及び適切なアップリンクスロットを見い出さなかった場合には、119に示されているように、サービス要求は拒否される。よって、本発明に係るTDMベースのFWLシステムは、適切な場合には新たなユーザをブロックすることによって、現在のユーザに関して中断されたり通話が落ちたりすることを防止する。このことは、“ブロックする”ことによって進行中の通話品質が徐々に劣化し、ある場合には通話が落ちてしまうことにつながるCDMAベースのシステムとは異なる点である。

【0037】アップリンク及びダウンリンクスロットが見い出された場合には、それらは、111に示されているように、その端末に対して割り当てられる。要求側端末には、115において、その割り当てが通知される。他の隣接するセルのセルコントローラは、当該セルのセルコントローラ25によって新たなリンクについて通知される。隣接するセルコントローラ間の通信及び調停は、本発明の望ましい実施例における重要な特徴であるが、後に詳細に記述される。

【0038】セルコントローラ25は、ダウンリンク及びアップリンクスロットを要求側端末15_jに割り当てた後、ビーム形成器40に対して、その適切な時間スロットの間に用いるダウンリンクビーム及びアップリンクビームを計算するように指示する。ビーム形成器40は、これは適切にプログラミングされた専用マイクロプロセッサによってインプリメントされ得るものであるが、信号対総干渉信号比（“S/TI”）を最大にするように、各々のダウンリンクビーム21及びアップリンクビーム20を“形成”する。その結果得られたアップリンクビーム20の指向性パターンは、主ローブからあるオフセット角のところに、著しい干渉源（“強い干渉源”）から受信される信号を減衰させるように配置された“ノッチ”を有している。同様に、上記形成されたダウンリンクビーム21の放射パターンには、主ローブからあるオフセット角のところにノッチが設けてあって、それが無い場合に送信によって著しい干渉を受けてしまう端末15によって受信される信号を減衰するように設定されている。通常、比較的強い干渉源を減衰させる目

的で比較的“深い”ノッチが生成されるが、比較的弱い干渉源を減衰させる目的には比較的“浅い”ノッチが生成される。

【0039】図5は、ビームの放射パターン例を示した図である。このビームは、主ローブP1の中心から、参照符号AZ1-AZ6によって示されている6つのオフセット角のところに位置している6つの強い干渉源を減衰させるように計算されたものである。図5に示されたプロットは、基地局のアップリンクビーム20の放射パターンによって、オフセット角AZ1-AZ6に位置している6つの潜在的な干渉源からは非常に弱い干渉信号しか受信していないことを示している。

【0040】ビーム形成器40に係る詳細な記述及び最適なアップリンク及びダウンリンクビームを決定する方法例に関しては、後に図12-15及び17-19に関連して記述される。

【0041】セルコントローラは、前述されているように、その種々の機能のなかでも、要求側端末によるアップリンクスロットでの送信が既に設定されている他の基地局に影響を与えるか否かを決定する。この決定には、与えられたセル5のセルコントローラ25が他のセル内に存在するリンクにおける干渉レベルに関連する情報へのアクセス手段を有している、ということが要求される。このような“セル間”調停すなわち通信は、与えられたセルのビーム形成及びスロット割り当てがその与えられたセル内の条件だけではなく隣接するセルにおける条件にも基づいている、ということであるが、システム全体として最適な機能を実現する。本発明の望ましい実施例においては、このセル間調停が利用される。

【0042】このようなセル間調停が用いられる場合には、各々のセルコントローラ25は、“隣接する”セルコントローラからそれぞれのセル内でのアクティビティに係る情報をリアルタイムで収集し、自らのセル内でのアクティビティに係る情報を隣接するセルと共有する。収集される情報の詳細は、後に記述される。隣接するセルコントローラ25との間の通信は、従来技術に係る有線デジタル通信技術を用いて実現され得る。

【0043】隣接するセル5及び隣接するセルコントローラ25は、本明細書においては、特定のセルの“クラスタ”に属するものとして定義される。セル5aのような隣接するセルは、特定のセル、例えばセル5c、のクラスタに、例えばセル5aから発せられる送信がセル5cにおける受信に“著しい”干渉を引き起こす場合、あるいはセル5cから発せられる送信がセル5aにおける受信に“著しい”干渉を引き起こす場合には、属していると見なされる。言い換えれば、複数のセルにおける無線アクティビティに対して著しい影響を決して与えずかつ著しい影響を決して受けないセルは、そのクラスタには属していない。これは通常それらの間に十分に大きな距離が存在するからである。

【0044】当業者による本発明のインプリメンテーションにおいて、“著しい”という術語は、例えば干渉強度の特定の値のような、定量的な定義が必要となる。“著しい”干渉を定義するために最終的に選択される数値は、特定のアプリケーションに係る設計上の優先項目、例えば容量、信号対雑音比、利用可能な計算能力等、に基づく妥協から得られる。当業者であれば、特定のシステム設計の場合に“著しい”という術語を定量的に定義することが可能である。

【0045】別の実施例においては、本発明は、“セル内”調停のみを用いてインプリメントされ得る。セル内調停のみを用いた実施例においては、それぞれのセルに関するビーム形成及び時間スロット割り当ては、隣接するセルにおける状況を考慮することなく、そのセル内の相互干渉を最小にすることに基づいてなされる。以下、本明細書においては、本発明はセル間調停を用いた実施例が記述される。しかしながら、セル間調停ではなくセル内調停を用いることによって本発明は実施され得ることに留意されたい。

【0046】スロット割り当て決定を行なう目的でセル

セル内リンク	クラスタ内リンク											
	セルA				セルB				最終セル			
	(A,1)	(A,2)	...	(A,n)	(B,1)	(B,2)	...	(B,n)	(FC,1)	(FC,2)	...	(FC,n _{FC})
(1)
(2)
(3)
(4)
.
.
(n)

【0048】前述されているように、各セルコントローラ25はそれぞれデータベースを有している。“セル内”という表現は、セルコントローラの視点を表わしている。言い換えれば、セル内リンク、という表現は、そのセルコントローラの属するセル内のリンクを表わしている。“クラスタ内”という表現は、そのセルコントローラが属しているクラスタ内のリンクを表わしており、そのセルコントローラの属するセル内のリンクを含んでいる。

【0049】表1に示されているように、データベース45の最初の列は、可能性のある“セル内”リンク全てを示している。第一列にリストされた可能性のある各セル内リンクと組にされているのは、可能性のあるクラスタ内リンクの全てである。よって、セル内リンク1は、

コントローラ25が利用し、図17に示されているようにビーム形成計算用にビーム形成器40へ供給するデータの一部は、図17及び表1及び2に示されているように、データベース45にストアされる。詳細に述べれば、クラスタ内の各セルコントローラ25は、それぞれのセル内及びそのクラスタ内の可能性のある全てのリンクの間の相互干渉レベルに関するデータを有しているデータベース45にアクセスする。本発明に係るFWLシステムの各々のセルのクラスタは別個のものであるため、特定のセルコントローラ25によってアクセスされるデータベース45は単独である。データベース45は、各基地局10に位置するコンピュータ記憶手段として、あるいはFWLシステムのある地域における複数のセルコントローラに対してサービスを提供する地域コンピュータ記憶手段として、インプリメントされ得る。

【0047】以下の表1及び表2は、データベース45の概念構成例を示している。表1は、データベースマトリクスの概観を示している。

【表1】

セルA内の n_A リンク（端末）、セルB内の n_B リンクから、そのクラスタの最終セル内の n_{FC} リンクを含む、そのクラスタ内の他の全てのリンクと組にされている。同様に、セル内リンク2から n は、それぞれクラスタ内リンク全てと組にされている。

【0050】表2は、図6に示されたリンクよりなる組に関するエントリ例を示している。図6は、セル5fのクラスタに属するセル5f及びセル5hを示している。セル5fは、基地局10fと端末15f20との間のリンク47を含んでおり、セル5hは、基地局10hと端末15h3との間のリンク49を含んでいる。各々のリンクは、デュプレクス動作、すなわちアップリンク及びダウンリンク、を表わしている。

【表2】

セル f のデータベース例						
クラスタ内リンク						
セル内リンク	セル f での干渉		セル f による干渉		セル f の基地局から見た 端末 (h,3) の方位	セル内端末の方位
	アップリンク	ダウンリンク	アップリンク	ダウンリンク		
46	-	-	-	-	-	-
47	47U	47D	49U	49D	AZH49	ZF47
48	-	-	-	-	-	-

【0051】例示目的で、表2に示されたデータベース45がセル5fのデータベースであると仮定する。この場合には、リンク47はセル内リンクである。データベース45は、各リンク対に関して6つのエントリを有している。それらのうちの4つのエントリは、可能性のあるセル内リンク、例えばリンク47、と可能性のあるクラスタ内リンクとの間での相互干渉レベルに関するものである。例えば、リンク49は、それら可能性のあるクラスタ内リンクの一例である。各リンク対に関する4つの干渉値は、図6に関連して記述される。

【0052】第一に、セル5f内のリンク47は、セル5h内のリンク49による干渉を受ける。より詳細に述べれば、アップリンク49での端末15h3からの送信は、図6において参照番号51で表わされているように、アップリンク47に関して基地局10fに干渉を与える。さらに、ダウンリンク49での基地局10hからの送信は、参照番号53で示されているように、ダウンリンク47に関して端末15f20に干渉を与える。第二に、セル5h内のリンク49は、セル5f内のリンク47による干渉を受ける。より詳細に述べれば、アップリンク47での端末15f20からの送信は、参照番号55で示されているように、アップリンク49に関して基地局10hに干渉を与える。さらに、ダウンリンク47での基地局10fからの送信は、参照番号57で示されているように、ダウンリンク49に関して端末15h3に干渉を与える。

【0053】表2は、セルf内のリンク47及びクラスタ内リンク49に関する基地局エントリを示している。"リンク(h,3)"のところに示された最初の2つのエントリは、それぞれアップリンク47及びダウンリンク47に関してセルfにおいて受ける干渉を表わす値を示している。次の2つのエントリ、49U及び49Dは、それぞれアップリンク49及びダウンリンク49に関してセルhで受ける干渉を表わす値を示している。

【0054】本発明の望ましい実施例においては、データベースにおける値は規格化された信号対雑音電力比として表現されている。本明細書においては、それらをJ/Sと定義する。別の実施例においては、データベースの値が、例えば受信される干渉信号強度等の、別の方法

によっても表現され得る。

【0055】前述されているように、各リンク対に関して、第5及び第6エントリが含まれている。第5エントリは、セル内基地局から見た場合のクラスタ内端末の"位置"を表わしている。すなわち、AZH49によって示されているように、基地局10fのビームの主ローブに関する端末15h3の方位である。クラスタ内端末の位置は、セルコントローラ25によって特定の端末を"ノッチアウト"するように指示された場合に、ビーム形成器40によって用いられる。そのような場合には、セルコントローラ25は、データベース45からこの種の情報を読み出し、それを適切なビーム形成器40に供給する。ここで、データベース45においては、ビーム形成計算目的ではクラスタ内端末の位置が"方位"として表わされることが望ましいが、クラスタ内端末の位置がビームの主ローブに対する"オフセット角"として表現されるべきであることに留意されたい。この場合には、セルコントローラは、クラスタ内端末の位置をオフセット角として表現するために、セル内端末の方位(ビームの主ローブの方向)とクラスタ内端末の"方位"との間の差を決定する。6番目のエントリは、基地局から見た場合のセル内端末の方位、すなわち10fから見た場合の15f20の方位であり、AZF47によって表現されている。

【0056】データベース45中の各々のエントリは、測定された干渉対信号電力比を反映している。このような比は、端末が最初にサービスを供給された場合にまず決定され、望むらくは周期的に更新されるものである。干渉は、図7及び図8に示されていて以下に記述される方法例に従って測定されることが望ましい。

【0057】図7は、ダウンリンク干渉を測定する方法例を示している。ブロック201に示されているように、セル5(プライマリセル)の基地局10は、そのセル内の端末15jに向けてダウンリンクビームを放射する。この測定に関して基地局10によって生成されるビームは、干渉を減衰させるノッチを有さない"標準的なパターン"のビームである。さらに、このビームの送信強度は、端末15jによって受信される信号が通常の動作に関する強度制御方式に従うように調節される。その

セルのクラスタ内の各々の端末 15 は、受信された信号の強度を測定する（ブロック 203）。各受信端末は、その測定をそれぞれのセルコントローラ 25 に報告する（ブロック 205）。

【0058】各端末に関する所定の受信信号強度を知ることによって、セルコントローラは、データベース値の表現が依拠している干渉対信号強度比を計算する。

【0059】各セルコントローラ 25 は、干渉測定の結果をクラスタ内の全てのセルコントローラ宛に通知する。このセル間通信はブロック 207 に示されている。

【0060】決定ブロック 209 においては、送信側基地局がそのセル内の各端末 15 宛に送信したか否かが問われる。各端末宛に送信し終わっていない場合には、次の端末が選択され（ブロック 211）、プライマリセルの基地局はその端末宛に送信する。受信信号強度測定は、クラスタ内の全ての端末に関して反復される。このようにして、プライマリセルの基地局 10 はそのセル 5 内の各端末宛に送信し、プライマリセルのクラスタ内の各端末 15 はその送信の間に受信信号強度を測定する。このことにより、プライマリセルの基地局 10 に係るダウンリンク測定が完了する。

【0061】そのセルに係る全てのダウンリンク測定が完了すると、ブロック 213 に示されているように、他のセルに係る測定が開始され得る。

【0062】アップリンク干渉測定の望ましい実施例が図 8 に示されている。ブロック 221 に示されているように、“プライマリセル”であるセル 5 内の端末 15_i は、基地局宛に送信する。当該基地局は、標準的なパターンのアップリンクビームをその端末に向けている。端末の送信強度は、基地局において受信される強度が通常の動作に関する強度制御方式に従うように調節される。ブロック 223 に従って、プライマリセルクラスタの他の全てのアップリンクビーム 20 が、前記送信の間に、そのビームの対応するセル内の各端末 15 に対して端末毎に向けられている。このようにして、プライマリセル内の単一の端末が送信する際の、そのセル内の各端末が面しているアップリンクビームによって受信される信号強度が測定されて記録される。この場合においても基地局のアンテナの標準的な放射パターンが測定に用いられ、必要とされる場合には、セルコントローラは測定結果を規格化された信号対干渉強度比、すなわち干渉強度の信号強度に対する比、として表わす。

【0063】プライマリセルを含むクラスタ内のセルコントローラは、測定された情報をクラスタ内の各セルコントローラと共有する（ブロック 225）。決定ブロック 227 においては、プライマリセル内の全ての端末が基地局宛に送信したか否かが問われる。送信し終わっていない場合には、プライマリセル内の別の端末 15 が送信するように選択され（ブロック 229）、前述の信号強度測定が反復される。この測定は、プライマリセル内

の各端末 15 が基地局 10 宛に送信し終わるまで反復される。次いで、ブロック 231 に示されているように、別なセルがプライマリセルとなり、干渉測定が継続される。

【0064】データベース 45 にストアされたセル内端末の方位は、地図から求められた方位ではなく、基地局 10 と端末 15_i との間を伝播する所望の信号の最強マルチパス成分の到達方向の実際の角度に基づいていることが望ましい。端末のアンテナをインストールする際には、最適なロケーションを検索してアンテナを受信最良となるようにチューニングすることが望ましい。このことは、信号の最強マルチパス成分の到達方向を探すために基地局のアンテナを走査することによって実現される。このような測定に基づき、かつ強度制御方式に従って、各トランスミッタの送信強度が選択される。アップリンク及びダウンリンクは相異なった送信周波数を用いることが望ましいため、測定は双方の周波数に関して実行されることが必要であり、ある種の妥協が選ばれる。

【0065】実際的な理由から、セル外端末の方位は地図から求められた方位に基づいている。地図から求められた方位よりも測定された方位をストアすることが望ましいが、この種のデータを求めることは著しく複雑なデータ収集となる。このようなアプローチは、この種のタスクの膨大さのために、現時点では実際的ではないと信じられている。しかしながら、より小さなスケールのシステムに関しては、基地局とクラスタ内端末よりなるあらゆる対に関して主要な干渉信号の到達方向の実際の角度を測定することは実際的である場合がある。

【0066】本発明の望ましい実施例においては、本発明に従った TDM ベースの FWL システムは、測定の継続期間にその目的に割り当てられた時間スロット 35 を用いた自動データベース更新のための適切なエレクトロニクス及びソフトウェアを有している。

【0067】データベース 45 に加えて、各々のセルコントローラ 25 は、それ自体、セル内及びクラスタ内のアクティブリンク 46 に関するリストを管理している。リスト 46 は、そのセルの属するクラスタ内の全てのアクティブリンク、アップリンク及びダウンリンクに関して割り当てられた時間スロット、及び（基地局に位置している）アップリンクレシーバ及び（端末に位置している）ダウンリンクレシーバによって認識される干渉対信号比（ T/I ）あるいはその逆数の推定値を含んでいる。

【0068】セルコントローラ 25 は、データベースエントリ、クラスタ内のアクティブリンクに係る現時点でのリスト、及びセル内の各リンクをサポートするために生成された実際の放射パターンを用いて、セル内のリンクに係る S/TI を計算する。セル外アクティブリンクに関しては、セルコントローラ 25 は、クラスタ内の他のセルコントローラに依拠しており、セル外アクティブ

リンクに係る識別、それらのリンクに対して割り当てられた時間スロット及び S/T に関する情報の供給を受ける。このようなセル間通信は、あるセルのセルコントローラが他のセル内のリンクに係る S/T を計算することが不可能である（なぜなら、各セルは独自のクラスタを有しているからである）ために必要となる。前述されたセル外（かつクラスタ内）情報は、図9に示されているように、入力データ $S3_{in}$ によってセルコントローラ25に対して供給される。

【0069】特定のセルのセルコントローラ25は、クラスタ内のアクティブリンクのあらゆる変化が通知された場合には、そのリスト46に関してある種のアクションを取る。例えば、セルコントローラ25は、入力データ $S2$ を介して、セル内の端末が送信を終了することを通知される。それに応答して、セルコントローラは、ブロック $S2P$ に示されているように、リスト46からその端末に係るアップリンク及びダウンリンクを削除し、セル内の全てのリンクに係る S/T を再計算し（ブロック121）、出力データ $S3_{out}$ を介してクラスタ内の他のセルコントローラ宛に削除及び更新された S/T 値を通知する（ブロック127）。セルコントローラは、同様に、セル外リンクの追加あるいは削除に係る情報を含んでいる可能性のあるデータ入力 $S3_{in}$ を受信する。それに応答して、コントローラは、図9のブロック $S3P$ に示されているように、リスト46内のエントリを更新する。その後、セル内リンクに係る S/T を再計算し（ブロック121）、クラスタ内の他のコントローラ宛に更新された値を通知する（ブロック127）。

【0070】セルコントローラは、それぞれ $S2P$ 及び $S1P$ によって示されているように、そのセル内で新たなリンクを削除したり設定したりする場合、あるいはデータ入力 $S3_{in}$ を介してそのクラスタ内のセル外リンクの状況の変化の通知を受ける場合には、同一スロットに対応するアップリンクビームのうちのいずれをも変化させることが可能である（ブロック123）。この種の変更は、新たなリンクによって引き起こされる干渉を最小にする目的である。その後、セルコントローラは、セル内の同一スロットに対応する全てのリンクに係る S/T を再計算する。同様に、コントローラは同一スロットに対応するダウンロードビームを変更することを決定する（ブロック125）。この変更は、新たなリンクを保護する目的である。セルコントローラは、 $S3_{out}$ を介して、クラスタ内の他のセルコントローラにアップリンクの更新された S/T を通知する。しかしながら、ここで記述されている本発明に係る望ましい実施例においては、ダウンリンクビームの S/T の調整に関しては他のセルコントローラには通知しない。このことは、コントローラ間のデータフローを制限する目的である。別の実施例においては、他のセルコントローラに対してダウンリンクビームの S/T の調整について通知するこ

ともあり得る。

【0071】リンクが追加された場合により明らかであるが、セルコントローラは、セル外端末が送信を終了する場合であっても、そのビームを変更することが望ましい。不要なノッチを削除することによってビームを変更する際に、セルコントローラは必要に応じて新たなノッチを生成することを容易にし、それによってシステムの容量を改善する。

【0072】セルコントローラは、セル内のリンクに係る S/T （あるいはその逆数）を計算する際には、データベースから規格化された信号対干渉信号測定の結果を利用する。前述されているように、データベース測定は標準的な放射パターンを用いて、すなわち干渉を緩和するノッチを有さないビームを用いて得られたものであるため、計算された S/T は控え目なものである。

【0073】図4に関して既に記述されているように、サービス要求が受信された場合には、セルコントローラ25は、適切なスロットを見い出せた場合には、アップリンクビーム20に受信スロット、ダウンリンクビーム21に送信スロット、をそれぞれ割り当てる。セルコントローラ25はデータベース45からの情報及びアクティブリンク46のリストをこの目的のために利用する。データベース45及びアクティブリンク46のリストに関し記述したので、以下、セルコントローラがアップリンク及びダウンリンクスロットを割り当てる方法例を記述する。

【0074】アップリンクスロットに関しては、セルコントローラは、第一時間スロット 35_j 上の提案されたリンクに係る基地局のレシーバにおける S/T を推定する（図10のブロック131）。アップリンクスロットの適切性を決定する際には、セルコントローラ25は、最強干渉源を含む少数のグループからの干渉を減衰させるための適切な深さを有する複数個のノッチを有するビーム20を生成することがセル5内のアップリンク形成器40にとって可能であるかを考慮する。

【0075】図5に示されたピーク $P1$ のような主ローブのピークとオフセット角 $AZ1-AZ6$ に示されているような干渉源の方向における放射パターンのレベルとの比、という意味での干渉減衰の実現可能な値は、例えばアンテナの物理的な配置、ビーム形成器40が減衰させようと試みている干渉源の個数、主ローブに関する干渉源の角度的な位置、各干渉源の相対強度、及びアンテナの許容度、すなわち実際の構造と電子回路が対応するビーム形成器によって知られている情報から異なっている程度、等を含む種々の要因に依存している。詳細に述べれば、位相及び振幅のドリフトは、生成されるノッチの深さ及び正確な位置に著しい影響を与える。しかしながら、アンテナの構造及び電気的な構成と校正手続きとが与えられている場合には、“主ローブ”と考えられる部分から外れたところに少数の干渉源が位置しているた

めにほとんど常に超過されてしまうことになる、“ノッチの深さ”に関する単純な最悪ケースにおける下限を設定することが可能である。例えば、35dbという信号対干渉信号比が、主ローブ外に位置する干渉源に関して仮定され、主ローブ内では標準的なパターンが仮定される、ということが可能である。

【0076】よって、ある実施例においては、セルコントローラ25は、基地局のレシーバにおける S/T の期待値を計算するために、前述されている境界条件を利用する。基地局のレシーバにおける、データベースに基づく S/T の期待値は、 $S/[\sum J_i]$ として表わされる。ここで、 S は信号強度であり、 J_i は標準的なビームパターンが用いられた場合に i 番目の干渉源から受信される強度である。強力な干渉源からなる選択されたグループをファクタ β_i を用いることによって減衰させる目的で、ある方向に関してノッチが形成され得る。 $\beta_i J_i$ は、ノッチを導入した後に残存している干渉強度である。境界条件が与えられると、 β_i は各ノッチアウトされた干渉源に関して容易に決定される。それゆえ、ファクタ β は境界条件によって規定されたように干渉源強度のさらなる低下を考慮している。ノッチアウトされない干渉源に関しては $\beta=1$ である。よって、このようにして得られる T/S は $[\sum \beta_i J_i]/S$ である。

【0077】別の実施例においては、仮定されたノッチ深さを用いる代わりに、セルコントローラ25が後述されている方法を用いて放射パターンを計算する。この方法においては、ビームを計算するために必要とされる最適な“重みベクトル”が決定され、 S/T が計算される。セルコントローラ25は、計算されたノッチの実現可能な“深さ”を制限する電氣的及び機械的な誤差に関するある種のマージンを許容することが望ましい。

【0078】決定ブロック133においては、セルコントローラは、基地局のレシーバに関して更新された S/T が S/T のスレッシュホールド値、すなわち“許容される”受信のための最小 S/T 、以上であるか否かを調べる。新たな S/T がスレッシュホールド値よりも小さい場合には、セルコントローラは全てのアップリンクスロットがチェックされたか否かをチェックする（決定ブロック134）。全てのスロットがチェックされていて許容されるものが見い出されなかった場合には（ブロック135）、その要求は拒否される。それ以外の場合には、計算が他のスロットに関して反復される（ブロック136）。

【0079】計算された S/T がスレッシュホールド値以上である場合には、セルコントローラは、リンクを追加することがそのスロットを既に使用している他の基地局に対して少なくとも一つのリンクの受信が許容され得ない程度にまで影響を与えるか否かを決定する（ブロック137）。このことは、クラスタ内の全てのアクティブなリンクに関して S/T を再計算することによって実

現される。この計算を実行するために、セルコントローラ25はそれ自体のリスト46からアクティブなリンクの各々に係る S/T を読み出し、対応するデータベースエントリに基づいて追加される干渉の効果を決定する。考慮されている新しいリンクの追加による S/T の新たな期待値は、 $1/([\sum J_i]/S + J_n/S)$ である。既に設定されているいずれかのリンクに係る計算された S/T が許容限度を越えて劣化する場合には、その時間スロットは拒否される。

【0080】追加された端末15の他の端末への影響を考慮する際、セルコントローラ25は、他の基地局10が端末15の干渉効果を最小にすることを企図して放射パターンにノッチを生成することが可能であるということに依拠しない。その理由は、他のセルコントローラがこの種の要求に“リアルタイムで”応答することが不可能であるからである。よって、セルコントローラ25は、あるスロットを利用している全てのセル外アクティブリンクがそれらのビームを調節する以前に追加されると見なされている干渉を許容できる場合にのみ、その受信スロットを認可する。しかしながら、新たなリンクの通知の後、影響を受けるセルのセルコントローラは、図9に係る議論において既に指摘されているように、アップリンクビーム20を変化させることによって、受信される干渉を低減することが望ましい。

【0081】決定ブロック138においては、既存の全てのリンクに係る S/T がスレッシュホールド値以上であるか否かが調べられる。スレッシュホールド値以上である場合には、アップリンクスロットが見つかったことになる（ブロック139）。単一あるいは複数のリンクに係る S/T がスレッシュホールド値未満である場合には、考慮されている時間スロットは拒否される。全ての時間スロットが考慮された場合には、サービス要求は否定される。チェックされるべき時間スロットが残存している場合には、次の時間スロットが選択され（ブロック136）、その時間スロットに係る S/T が前述されているように計算されて処理される。

【0082】セルコントローラ25は、ダウンリンクスロットを考慮する際にも本質的に同様の段階を実行する。まず、候補となった時間スロットに関して端末のレシーバにおける S/T が計算される（ブロック131）。端末のレシーバにおける干渉は、他の基地局によって引き起こされる。セルコントローラは、要求側端末を利する目的で他の基地局がノッチを追加することによってダウンリンクビームを変化させることが可能であるという事実に依拠しない。それゆえ、計算された S/T はデータベースに基づくものである。

【0083】候補となったスロットに係るレシーバにおける計算された S/T がスレッシュホールド値以上である場合には、セルコントローラは、さらに、そのスロットで受信状態にあるクラスタ内の全ての端末15が基地局

の送信による新たな干渉を許容しうることを確認する。このことに関しては、セルコントローラ 25 はデータベース 45 から得られた値を用いて影響を受けた後の S/TI を計算する。必要な場合には、セルコントローラは、それ自体のビーム形成器が複数のノッチを生成することが可能であるという事実を利用する。これらのノッチの深さは境界条件を用いて控え目に見積もることが可能である。

【0084】全ての計算及び比較は、適切なスロット対が見い出されるまで、あるいは全ての時間スロットがチェックされて適切なスロット対が見い出されない状態になるまで、反復される。セルコントローラ 25 は、要求を満たすスロット対を見い出した場合には、ビーム形成器 40 に選択されたスロットにおいて受信及び送信ビームを生成するように指示する。それ以外の場合には、要求側端末はアクセスが拒否される。

【0085】これまでに幾度となく参照されたビーム形成の詳細が以下に記述される。ビーム形成器 40 は、システムの遅延を回避するために、それぞれの計算を高速に行なわなければならない、ということに留意されたい。各ビーム形成器に関しては、専用の強力なマイクロプロセッサが必要とされる。

【0086】セルコントローラ 25 は、各ビーム形成器 40 に、ビーム形成に必要とされる特別な情報を供給する。より詳細に述べれば、端末 15_j への送信のためのダウンリンクビーム 21 の放射パターンを計算するために、ビーム形成器 40 には、

- (i) 端末 15_j の方位；
- (ii) (主ローブに関して測定された) 回避すべき位相オフセット角よりなるリスト（空である場合がある）；及び、
- (iii) 各位相オフセット角に係る送信抑圧の相対的な重要度を表わす数値；が供給される。端末 15_j からの送信を受信するアップリンクビーム 20 の放射パターンを計算するためには、ビーム形成器 40 には、
- (i) 端末 15_j の方位；
- (ii) “ノッチアウト” するべき位相角よりなるリスト（空である場合がある）；及び、
- (iii) 上記リスト中の全ての干渉源に係る、データベース 45 から得られた予想強度。

【0087】双方の放射パターンは、後に記述される方法例に従ってなされる。計算は非常に類似しており、その差異は、ダウンリンクに関しては“各位相オフセット角に係る送信抑圧の相対的な重要度を表わす数値”が単純な単調増加変換関数によって“仮想干渉源強度”としてまず表現されなければならない、ということである。例えば、ダウンリンクビーム形成器 40 に対して供給されるリスト中に現れるリンク A 及びリンク B を考える。リンク A での受信はわずかなマージンしか有していないが、リンク B での受信は良好、すなわちより高

い S/TI 比を有している。リンク A に対応する仮想干渉源強度により、リンク A の方向に関してはリンク B の方向よりも比較的深いノッチが生成される。ここで、このような機能は種々の考慮すべき事項の中でもとりわけ基地局アンテナの特定のコンフィギュレーションに依存しており、アンテナ設計者によって選択されるものであることに留意されたい。当業者であれば、このような機能の選択はその能力の範囲にある。

【0088】計算の結果は、重みベクトル W である。計算されたベクトルはストアされ、後のフレーム 30 において同一の時間スロット 35 中で再利用される。ビーム形成計算の結果得られるノッチにより、レシーバにおける S/TI が、干渉値としてより低い境界条件の信号を用いたスロット割り当てにおいて推定された S/TI 以上になることに留意されたい。

【0089】ビーム形成操作は、後に図 12-15 に関連してより詳細に記述される。記述を容易にする目的で、本発明に従った基地局アンテナの望ましいコンフィギュレーションが記載される。端末のアンテナに関しても記述される。

【0090】各端末 15_{j-N} に配置されているアンテナは、小さく、安価であってかつインストールが容易であることが望ましい。単純さへの希望がある一方、ある種の実施例においては、端末のアンテナは機械的に調節可能であって、一方向あるいは二方向に放射パターンのディップを実現することが可能である。この理由は、干渉電力の大部分は、通常、単一の干渉源から到達するものであるからである。よって、干渉源は、概して、主たる干渉源あるいは被干渉源と考えられる基地局の歴的な位置に基づくインストール時の調節によって減衰され得る。

【0091】ある実施例においては、端末のアンテナは 2 つのパーツより構成されており、パーツ間の間隔が機械的に調節され得るようになっている。このようなアンテナは、ノッチを取り囲んでいる、ある限られた角度範囲に亘って機械的に調節され得る可変幅主ローブを有している。前述された目的を達成するためのその他の物理的な配置は当業者には公知である。

【0092】基地局のアンテナは、端末のアンテナよりかなり複雑である。基地局のアンテナは、同時に N 個の送信ビームと N 個の受信ビームを生成することが可能な位相アレイアンテナ（フェーズアレイアンテナ）である。送信及び受信ビームは、ビーム形成器 40 の制御下で、水平面内のあらゆる方向に独立して向けることが可能である。方位に関して調節される場合には、ビームは垂直面内でほぼ一定のビーム幅を保持する。ビーム幅は、3 dB 点において、15 度から 20 度の角度であることが望ましい。平坦な領域においては、より狭い垂直方向のビーム幅を有するビームも用いられ得る。

【0093】基地局のアンテナ 10 は、半径 R の仮想垂

直円柱の表面に取り付けられて垂直方向に配置された放射エレメント（ラジエータエレメント）を有する平面環状アレイとして配置されていることが望ましい。これらのラジエータの中心は揃えられており、水平面内で環を規定している。各ラジエータエレメントは、例えばある基本ラジエータよりなる垂直コリニアアレイである。水平面内でのラジエータエレメントの放射パターン例が図11に示されている。図11に示されたパターンは、4つのパッチアンテナよりなる垂直アレイの測定パターンである。実際には、アンテナの大きさは、周波数、不動産及び費用に係る考察によって規定される。平面環状アレイ以外のコンフィグレーションも用いられ得る。

【0094】個々のラジエータの指向性を完全に活用してかつ円柱内に配置されるハードウェア及びハーネス由来の影響を最小にする目的で、全ラジエータのうちのわずかのものがビームを生成するように活性化される。活性化されたラジエータは希望されるビームの方向に面したセクタを占有し、環状構造の中心を通して主ローブの希望する方向へ向かう線のいずれかの側にほぼ等しく配置されている。本明細書においては、アクティブラジエータを含むセクタをビームの“アクティブセクタ”と呼称する。アクティブセクタの角度幅 α は、個々のラジエータの選択された放射パターンと円柱アレイに存在するラジエータの数によって最適化されるべき設計パラメータである。

【0095】以下、アップリンクビームの“標準パターン”を生成する方法が記述される。図12のブロック141に示されているように、アンテナ出力における S/T を最適化する重みベクトル W が生成される。その計算方法に関しては、後に詳述される。計算においては、基地局10のアンテナは、図13に示されているように、水平面内に配置された大きな円の中心に配置されていると仮定されている。数多くの（1個の）均一強度雑音源301が円の円周にそって等間隔で配置されており、明確なウィンドウ領域303を除いてこれらの雑音源が円周全域をカバーしている。領域303には雑音源はなく、希望する信号である単一の信号源305が領域303の中心に配置されている。ウィンドウ領域303の幅は、最適化されるべき設計パラメータである。この種の最適化は、例えば、ウィンドウ幅のいくつかの値に関して後述される最適重みベクトル決定計算法を適用し、最良 S/T を与えるものを選択することによって実行される。

【0096】図12のブロック143に示されているように、最適重みベクトルはストアされ、後のフレームにおける同一時間スロット35において用いられる。ブロック147に従って、 S/T が計算されてセルコントローラ25に供給され、最終的にはクラスタ内の他のセルコントローラにも供給される。同時に、図16-18に関連して記述されているビーム形成エレクトロニクス

がビームを形成する（ブロック149）。図14は、重みベクトル W がビームを生成するために用いられる様子を概念的に表わした図である。

【0097】図14に示されているように、 K 個の放射アンテナエレメントによって受信された信号 S_1-S_K が、乗算器423によってベクトル W の対応する成分と乗算され、それらの総和が取られて、アンテナ出力において S/T を最適化する放射パターンが生成される。

【0098】前述されているように最適 S/T を生成することにより、データベース45に係る測定に関して前述された“標準”放射パターンが得られる。標準放射パターンを有するビームは、特定の干渉源の位置及び強度を考慮することなく、数多くの背景干渉源301を取り扱う。より望ましい実施例においては、特に強い一群の干渉源の位置及び相対強度が既知である場合には、それらは、最適重みベクトルの導出の際に、数多くの均一強度干渉源301に加えて考慮される。このような特定の干渉源が図15に示されている。

【0099】ダウンリンクビーム21に関する重みベクトルを生成する際にも、本質的に同一の方法が用いられる。前述されているように、その方法は、仮想信号源が希望する送信方向に配置されており、仮想干渉源が回避されるべき干渉信号生成がなされる方向に配置されている、という点において異なっている。仮想干渉源の強度は、その方向への送信の最小化についての重要性を反映している。

【0100】それぞれの方向への仮想干渉源の配置に応答して、ビーム形成器40はそれらの方向にノッチを有するビームを生成する。各々のノッチの深さは、仮想干渉源の強度を反映している。ここで、理論的にはノッチの深さ（ビームの主ローブに対する相対値をdBで表現したもの）は無限であるが、実際にはノッチの深さは制限される、ということに留意されたい。特に、ノッチの深さは、マルチパス伝播、導電体からの反射等の伝播の不規則性によって制限される。さらに、前述されているように、ノッチの深さはアンテナの許容度によっても制限される。

【0101】最適な W が決定された後、 S/T が計算される。以下、アンテナ出力において S/T を最適化する重みベクトル W の決定方法例が記述される。

【0102】水平面内における各ラジエータの放射パターンを $g(\phi)$ とする。ここで、前記フェーズアレイは、円弧に沿って配置された K 個のラジエータよりなるものとしている。水平面内において角度 ϕ に位置する信号源からラジエータ k によって受信される信号の振幅は、量 $S_k(\phi)$ に比例する。ここで、位相参照点は半径 R の円の中心である：

【数1】

$$S_k(\Phi) = g(\Phi - \Phi_k) \text{Exp}\{j2\pi(R/\lambda)\text{Cos}(\Phi - \Phi_k)\} \quad A1$$

【0103】アレイ全体によって受信される信号電圧は、

$$V_s = \sum_{k=1}^K W_k S_k(0) \quad A2$$

$$V_s = W'S(\Phi) \quad A3$$

ここで、 W' は W の転置行列を表わしている。

【0104】少数の主要な干渉源が存在すること、そしてアンテナが配置されている領域におけるそれらの角度位置及び電界強度が正確に知られている、ということが仮定される。これらの主要な干渉源に加えて、多くの“背景”干渉源も存在する。背景干渉源は個別には考慮されない。ビーム合成のために、それらは均一に配置された同一強度干渉源によって置換される。全ての干渉源の間には相関がないものと仮定される。

$$V_n = \sum_{k=1}^K v_n(k) = \sum_{k=1}^K W_k \sum_{j=1}^J n_j S_k(\Phi_j) \quad A5$$

である。よって、干渉源強度の期待値は、

$$P_N = E\{|V_n|^2\} =$$

$$= E \left[\sum_{k=1}^K W_k \sum_{j=1}^J n_j S_k(\Phi_j) \cdot \sum_{k=1}^K \bar{W}_k \sum_{j=1}^J \bar{n}_j \bar{S}_k(\Phi_j) \right] \quad A6$$

【0106】ここで、各文字の上部に付された線は、それぞれの文字の表わす値の複素共役を意味している。干渉源が無相関である場合には、

【数7】

$$P_n = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \bar{W}_k W_k \sum_{j=1}^J \bar{n}_j n_j S_k(\Phi_j) \bar{S}_k(\Phi_j) \quad A8$$

のように書き表される。これらを行列の形で簡潔に書き表すと、

$$P_n = W^* M W \quad A9$$

となる。ここで、 W^* は、 W の複素共役の転置行列を表わしている。 M の各要素は、

$$m_{ij} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \bar{n}_j n_j S_k(\Phi_j) \bar{S}_k(\Phi_j) \quad A10$$

によって表わされる。よって、信号対干渉信号比 S/T は、

$$S/T = \frac{|W'S(\Phi)|^2}{W^* M W} \quad A11$$

によって表わされる。 S/T は、重みベクトルが

【数12】

となる。ここで、 W_k は k 番目のラジエータの複素重みである。この内積は、2つの列ベクトルの乗算によって表現され得る：

【数3】

【0105】干渉源の総数は I によって表現される。よって、 k 番目のラジエータによって受信される雑音電圧は、

【数4】

$$v_n(k) = W_k \sum_{j=1}^J n_j S_k(\Phi_j) \quad A4$$

となる。さらに、総干渉源電圧は、

【数5】

【数6】

$$E\{n_j \bar{n}_j\} = n_j^2 \delta_{jj} \quad A7$$

であるから、干渉源強度は

【数8】

【数9】

$$W_{opt} = M^{-1} \bar{S}(\Phi) \quad A12$$

のように選択されている場合に最大値に達する。最適の重みベクトルを見出すことは、 $K \times K$ 行列の各項を計算してその逆行列を計算することを必要とする。しかしながら、単一の干渉源が付加されるあるいは削除される場合には、その行列は、後に記述される本発明に従った“高速”アルゴリズムを用いて修正され得る。

【0107】 W_{opt} が見い出されると、放射パターンは

$$F(\Phi) = S^*(\Phi) W_{opt} \quad A13$$

から計算される。次いで、 W_{opt} を用いて S/T が計

算される。

【数 14】

$$MW_{\phi} = \bar{S}(\phi)$$

$$S/TI = \frac{|W'_{\phi} S(\phi)|^2}{W'_{\phi} \bar{S}(\phi)} \cdot \frac{(W'_{\phi} S(\phi) \times W'_{\phi} \bar{S}(\phi))}{W'_{\phi} \bar{S}(\phi)} = W'_{\phi} S(\phi)$$

$$= F(\phi)$$
A14

$F(\phi)$ は電力比であり、 $10 \log(F(\phi))$ によって dB 単位に変換される。このアプリケーションにおいては、 $-\delta \leq \phi \leq \delta$ である。ここで、 2δ は 2 つのラジエータ間の角度である。ビームをこの限定された範囲外に動かす必要がある場合には、新たな活性範囲が選択される、すなわちいくつかの（可能であれば全ての）ラジエータが他のものによって置換される。

$$S_k(\phi, \theta) = g(\phi - \phi_k, \theta) \exp\{j2\pi(R/\lambda) \cos(\alpha_k)\}$$

であり、

$$\cos(\alpha_k) = \sin(\theta) \cos(\phi - \phi_k)$$

である。式 A16 及び式 A17 を式 A15 に代入することにより、

$$E_k(\phi, \theta) = \sum_{k=1}^K W_k g(\phi - \phi_k, \theta) \exp\{j2\pi(R/\lambda) \cos(\phi - \phi_k) \sin(\theta)\}$$

が得られる。方向 (ϕ, θ) へのアンテナの指向性は、

【数 20】

$$D = \frac{\text{reception from direction}(\phi, \theta)}{\text{average reception intensity}}$$

$$\frac{|E_k(\phi, \theta)|^2}{1/4\pi \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^{\pi} |E_k(\phi, \theta)|^2 \sin\theta d\theta}$$

を決定することによって計算される。例えば、Sureau et al., "Sidelobe Control in Cylindrical Arrays", IEEE Trans. Ant. Prop., Vol. AP-30, no. 5, 1982 及び Applebaum, "Adaptive Arrays", IEEE Trans. Ant. Prop., Vol. AP-24, no. 5, 1976 等を参照のこと。

【0109】具体例

水平面内において環状に 0.55λ の間隔を有して配置された $3K=96$ 個のエレメントよりなるアンテナアレイを考える。ビームは、これらエレメントのうちの $1/3$ のみを活性化することによって生成される。32 個の活性化されたエレメントは、所定の信号源の位置に面した 120 度の蹄鉄状に配置されている。信号源は $\phi=0$ のところに位置している。

であるため、

【数 15】

【0108】方向 (ϕ, θ) において位相アレイによって生成される電界は

【数 16】

$$E_k(\phi, \theta) = \sum_{k=1}^K W_k S_k(\phi, \theta)$$

と表わされる。ここで、

【数 17】

A16

【数 18】

A17

【数 19】

A18

【0110】それゆえ、 k 番目のアンテナエレメントは

【数 21】

$$2\pi(k-K/2-0.5)/(3K) \text{ radians}$$

A19

に位置していることになる。アンテナエレメントを保持している円柱の半径 R は $R=8.4033\lambda$ である。計算量は、干渉源を 2 群に分類することによって低減される。第一群は、その正確な位置及び強度が既知であるような少数の主要な干渉源である。これらの主要な干渉源は、それぞれ個別に取り扱われる。第二群に属する干渉源は、アンテナの周囲にそれぞれ w ラジアン の "クリアウィンドウ" を有して一様に配置されている数多くの均一強度干渉源と考えることができる。全ての干渉源は、互いに相関がないと仮定されている。全ての干渉源は同一の雑音電力、 n_j 、を有しており、ここではその値を 1 と仮定する。2 つの干渉源の間の角度は、 $(2\pi - w)/1$ ラジアンである。 i 番目の干渉源は、

【数 22】

$$w/2 + (2\pi - w)(i-0.5)/1$$

A20

に位置している。"クリアウィンドウ" は、 $\phi=0$ の両側でそれぞれ 1 つの干渉源の強度を 0 に設定することによって生成される。ここで、 w は $2(2\pi/100)$ に等しい。式 A16 及び式 A17 を式 1 に代入すると、

【数 23】

$$S_k(\Phi) = g(w/2 + (i-0.5)(2\pi-w)/1 - 2\pi(k-K/2-0.5)/(3K)) \cdot \exp\{j2\pi(R/\lambda)\cos(w/2 + (i-0.5)(2\pi-w)/1 - 2\pi(k-16.5)/(3K))\} \quad A21$$

選択されたパラメータに関しては、 $l > 100$ の場合に得られる放射パターンは実質的に l に依存しない。それゆえ、 l は 100 とする。

【0111】関数 $g(\Phi)$ が規定されなければならない

$$g(\Phi) = \cos^4(\Phi/2) + 0.17\cos^4((\pi-\Phi)/2) - 0.0568 \quad A22$$

式 A22 を式 A21 に代入し、式 A21 を式 A10 に代入することによって、共分散行列 M が得られる。 W_{opt} 呼び電界 $F(\Phi)$ は式 A13 から計算される。

【0112】 N 個の強い干渉源よりなるグループがあり、それぞれの干渉強度 n_j^2 : $j = 1, \dots, N$ が与えられた角度位置に存在することが知られているようなケースに係る最適重みベクトルを見出す目的で、対応する項が行列 M の要素に対して追加される (式 A10)。計算は、前述された手順に従って進められる。その結果得られた放射パターンが図5に示されている。

【0113】強い干渉源の強度が背景雑音を表わす干渉源からの全体としての強度よりも大きくない場合には、修正された放射パターンは、強い干渉源の“極近傍”に鋭いノッチが現れることを除いて、オリジナルの (すなわち強い干渉源がない場合の) パターンに極めて似ている。

【0114】図5は、前述されたアルゴリズムに従って、98個の“弱い”干渉源 (すなわち、クリアウィンドウを生成する目的で100個のうちの2個の干渉源が除かれている) 及び、同一強度でかつその配置されている位置が図示されているように規定されている6個の“強い”干渉源が存在する場合に生成された放射パターンを示している。図16は、強い干渉源の強度が独立変数である場合の S/T 比を示している。信号強度は、まず強い干渉源が存在しない場合に設定され、 S/T 比として30dBが得られている。この図から明らかであるが、図中で参照番号90で示されているように、“強い”干渉源の強度の増加を補償する目的でアンテナビームを調節すると、 S/T 比は非常にゆるやかに劣化する。その一方で、 W が固定されている、すなわち調節がなされない場合には、 S/T 比は急速に劣化する (参照番号94)。

【0115】次に、ベクトル W の計算の問題に戻る。与えられたリンクに関する著しい干渉源の組は比較的頻繁に変化するため、 W はしばしば再計算されなければならない。よって、本発明の望ましい実施例においては、単一の干渉源が追加あるいは削除された場合に既存のビームを再計算するための“ショートカット”すなわち“高速”方式が用いられる。この種の高速方式が以下に記述される。

【0116】前述されているように (例えば式 A1

い。この実施例においては、“パッチアンテナ”に係る測定された放射パターンへの解析的な近似が用いられる：

【数24】

A22

2)、 W_{opt} の計算には、 $K \times K$ の正方行列である行列 M の逆行列計算が含まれる。 K が大きい、すなわち数多くのラジエータが存在する場合には、この計算は莫大な量となる。しかしながら、行列 M が既知である場合には、単一の干渉源を追加あるいは削除する目的でこの行列 M を修正することは、単純化された方法を用いて実行され得る。本発明に係るショートカット方式は、以下の定理を利用している：行列 A が

$A = B + \alpha UV'$ 、ここで、 U 及び V は縦行列；

のように書き表せる場合には、

$$A^{-1} = B^{-1} - \lambda \alpha Y Z'$$

となる。ここで、 $Y = B^{-1}U$; $Z' = V' B^{-1}$; 及び、 $\lambda = 1 / (1 + \alpha Z' U)$ である。前述された導出に基づいて、行列 M は、

【数25】

$$M = M_{nc} + \sum_{j=1}^N n_j^2 \text{conj}(S(\Phi_j)) S'(\Phi_j)$$

のように書き表される。ここで、 $S(\Phi_j)$ は列ベクトルである： $[S_1(\Phi_j) S_2(\Phi_j) \dots S_K(\Phi_j)]'$; $\text{conj}(S)$ は S の複素共役であり、 $S'(\Phi)$ は $S(\Phi)$ の転置行列である。 N は“ノッチアウト”されるべき追加された干渉源の数、 Φ_j ($j = 1, \dots, N$) はそれらの位置、及び n_j^2 はそれぞれの対応する強度である。 M は修正された行列であり、 M_{nc} は元の干渉環境において用いられた行列である。

【0117】前述されているように、

$$W = M^{-1} \text{conj}(S(\Phi))$$

よって、 j 番目の干渉源を追加あるいは削除することは、行列 M が以下のように修正されることを意味している：

$$M(k) = M(k-1) + \beta k n_j^2 \text{conj}(S(\Phi_j)) S'(\Phi_j)$$

ここで、 $M(k)$ は k 番目の段階 (すなわち、 j 番目の干渉源の追加/削除の次の段階) の後に用いられる行列； $M(k-1)$ は $(k-1)$ 番目の段階において用いられる行列 (すなわち元の行列) ; βk は干渉源の追加の場合には $+1$ 、削除の場合には -1 ; である。新しい行列 M に関する逆行列計算は、以下のようになされる：

$$M(k)^{-1} = M(k-1)^{-1} - \lambda \alpha Y Z'$$

ここで、

$$Y = M^{(k-1)-1} U; U = \text{conj}(S(\Phi_j)); \\ Z' = V' M^{(k-1)-1}; V = S'(\Phi_j); \\ \lambda = 1 / (1 + \alpha Z' U); \alpha = \beta k n_j^2;$$

であり、

$$W^k = M^{(k)-1} \text{conj}(S(0))$$

である。この方式は、 $(3K^2 + 2K)$ 回の乗算を必要とする。

【0118】本発明のより望ましい実施例においては、上記高速方式が以下の置換によってさらに短縮される。なぜなら、 $V = \text{conj}(U')$; $M = \text{conj}(M')$; $Z = \text{conj}(Y')$ であるから、最適ベクトルは以下の量を決定することによって直接計算され得る：

1. $\alpha = \beta n^2$
2. $Y = M^{(k-1)} U$
3. $\lambda = 1 / \{1 + \alpha \text{conj}(Y') U\}$
4. $M^{(k)-1} = M^{(k-1)-1} - \lambda \alpha Y \text{conj}(Y')$
5. $W^{(k)} = W^{(k-1)} - \lambda \alpha Y \text{conj}(Y') \text{conj}(S(0))$

ここで、 $W^{(k)}$ は k 番目の段階において用いられる新たな最適重みベクトルであり、 $W^{(k-1)}$ は $(k-1)$ 番目の段階において用いられる最適ベクトルである。

【0119】この方式は、おおよそ $(2K^2 + 4K)$ 回の乗算と $(2K^2 + 3K)$ 回の加算とを必要とする。一方、最適 W を見出す目的で行列 M を計算してその逆行列をとる直接法は、おおよそ $(K^2 + K + O(K^3))$ 回の乗算を必要とする。

【0120】基地局10における信号受信、ビーム生成及び信号送信に係る重要なエレクトロニクスの一部が図17-19に示されている。これらの図においては、本発明の理解に関して本質的ではない種々のコンポーネント、例えばフィルタ、IF増幅器等、が省略されていることに留意されたい。これらの図面は本発明の理解を助ける目的であって、本発明の範囲を限定するものではない。

【0121】図17は、本発明に従ったマルチビームシステムに係る基地局用送信（ダウンリンク）エレクトロニクスを示したブロック図である。N個の送信モデム401（IF周波数で動作することが望ましく、それぞれ端末15への送信が企図された信号 S_j を生成する）が含まれる。Nの値は、送信（ダウンリンク）ビームDB1-DBNの個数である。信号 S_1-N は、N個の電力分配器403にそれぞれ供給される。電力分配器403は、各信号 S_j をK個のチャネル C_j に分割する。

【0122】K個のチャネル C_j よりなるN個のグループは、K個の乗算器405よりなるN個の乗算器バンク宛に送出される。乗算器は、各チャネル C_j に、N個の位相及び振幅コントローラ429によって生成されたK個の正弦波のうちの適切な一つを乗算する。各正弦波の振幅及び位相は、重みベクトルの適切な成分によって指

定される。重みベクトル W は、セルコントローラ25の制御下でダウンビーム形成器40aのうちの一つによって計算される。

【0123】各ビームに関して上記演算の結果得られるK個のチャネル C_{Oj} は、ダウンリンク交換及び総和複合体407宛に送出される。複合体407は、セルコントローラ25の制御下で、K個のチャネル $C_{O1}-C_{OK}$ よりなるグループの各々をK個の隣接していかつ重なりを有する可能性のあるラジエータチャネル CR_1-CR_K 宛にルーティングする。ラジエータチャネルは全てアップコンバータ408に供給される。アップコンバータ408は、交換及び総和複合体407の出力を送信周波数へとアップコンバートする。アップコンバータは、ミキサバンク409、電力分配器433及び局部発振器すなわちシンセサイザ431とからなる。共通のシンセサイザ431が用いられることに留意されたい。

【0124】アップコンバータラジエータチャネルは、ラジエータ1つ当たりに1つずつのM個の電力増幅器411よりなるバンクへ供給される。Mは、位相アレイアンテナを構成しているラジエータの総数である。増幅されたチャネルは、アンテナラジエータ1つ当たりに1つずつのM個のダイプレクサ413よりなるバンク宛に送出される。ダイプレクサは、これらのチャネルをK個のアクティブなラジエータ宛にルーティングする。

【0125】図18は、本発明に従った多重ビームシステムにおける受信（アップリンク）エレクトロニクスを示している。ラジエータ415によって受信された信号は、ダイプレクサバンク413を介してM個の低雑音増幅器417よりなるバンクへ伝達され、さらにダウンコンバータ418へ伝達される。ダウンコンバータ418は、交換及び分割複合処理目的で、受信された信号の周波数をダウンコンバートする。アップコンバータ408と同様、ダウンコンバータは、ミキサバンク419、電力分配器437及び局部発振器すなわちシンセサイザ435を有している。アップコンバータ408の場合と同様に、シンセサイザ435は共用されている。

【0126】アップリンク交換及び分割複合体421は、セルコントローラ25の制御下で、K個の隣接するラジエータよりなるN個のグループからの信号を適切なビームエレクトロニクス宛にルーティングする。K個の乗算器よりなるN個のバンクは、各々それぞれのビームに対応するK個の信号を、N個の位相及び振幅コントローラ439によって生成されたK個の正弦波のうちの適切なものと乗算する。各正弦波の振幅と位相は、重みベクトル W の適切な成分によって指定されている。この成分は、セルコントローラ25の制御下でアップリンクビーム形成器40bのうちの一つによって計算される。

【0127】アップリンクビームUB1-UBNよりなるK個の信号は電力合成器425に供給され、電力合成器425は合成済み信号をN個の受信モデム427のう

ちのそれぞれ一つに対して供給する。

【0128】図19は、位相及び振幅コントローラのアーキテクチャ例を示した図である。位相及び振幅コントローラは、各々、K個のダイレクトデジタルシンセサイザ(DDS)441を有している。各DDS441は正弦波を生成し、その位相及び振幅は、対応するビーム形成器40b、40aによって生成されたアップリンクあるいはダウンリンクビームに係るK個の信号BF S_{1-K}のうちの適切な一つによって制御される。K個のDDSよりなるバンクには、共通のクロックラインCLを介してクロック信号が供給され、共通のリセットラインRLを介してリセット信号が供給される。バンドパスフィルタ443は、ミキサ423へ送出された信号が不要なスプリアス成分を含まないことを保証する。増幅器445は、DDSによって生成された信号を増幅する。

【0129】以上の説明は、本発明のいくつかの実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例が考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0130】例えば、本発明に係る“オープンループ”方式と共に種々の方式が用いられ得る。この一例は、信号が空中に送出された後に、受信される信号のS/Nを改善する試みとして“適応ビーム形成”を用いることである。適応ビームは、各受信ビームに係る指定されたレシーバによって駆動されるクローズドループ適応アルゴリズムを用いることによってインプリメントされ得る。この種のクローズドループアルゴリズムは当業者には公知である。このような方式は、個々のラジエータをサポートしているエレクトロニクス回路において発生しうるドリフトを抑制する目的での基地局のアンテナシステムの頻繁な較正の必要性を回避することが可能である。この種の実施例における別の特徴は、リンクパラメータの経時的な変化に適応ビームが追従できるということである。

【0131】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、他のトランスミッタからの干渉を低減しかつ他のレシーバへの干渉を低減したTDMベースの固定無線ループシステム及びその実現方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に従うセルラFWLシステムの模式図。

【図2】 図1に示されたシステムのセルの一つにおける基地局によって生成されるビームを示す模式図。

【図3】 フレーム構造例を示す図。

【図4】 複数のセルコントローラの動作を示す流れ図。

【図5】 ビーム放射パターン例を示す図。

【図6】 相異なったセルにおける2つの回線及びそれらの間の干渉の可能性を示す模式図。

【図7】 ダウンリンク干渉を測定する方法例を示す流れ図。

【図8】 アップリンク干渉を測定する方法例を示す流れ図。

【図9】 クラスタ内回線における変更を知らされた場合のセルコントローラの動作を示す流れ図。

【図10】 アップリンク及びダウンリンクタイムスロットを検索する方法例を示す図。

【図11】 放射器の放射パターン例を示す図。

【図12】 ビーム形成器の動作を示す流れ図。

【図13】 背景干渉源のみを含むビーム形成環境を概念的に示す模式図。

【図14】 アンテナ出力において最適の信号対総干渉信号比を有する放射パターンを実現するための最適の重みベクトルの対応する成分と放射信号との乗算を模式的に示す図。

【図15】 複数の強い干渉信号源を有する場合のビーム形成環境を概念的に示す模式図。

【図16】 強い干渉源のみを除去した場合の信号対干渉信号比への影響を示す図。

【図17】 本発明に従うマルチビームFWLシステムにおけるダウンリンク用エレクトロニクス回路例を示す図。

【図18】 本発明に従うマルチビームFWLシステムにおけるアップリンク用エレクトロニクス回路例を示す図。

【図19】 位相及び振幅コントローラのアーキテクチャ例を示す図。

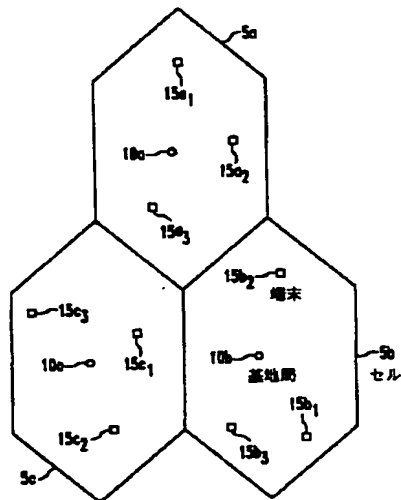
【符号の説明】

- 5 セル
- 10 基地局
- 15 移動体端末
- 20 アップリンクビーム
- 21 ダウンリンクビーム
- 25 セルコントローラ
- 30 フレーム
- 31 プリアンブル
- 32 ユーザ識別及び同期情報
- 33 ペイロード
- 34
- 35 時間スロット
- 40 ビーム形成器
- 45 データベース
- 46 アクティブリンクリスト
- 301 背景均一強度干渉源
- 303 ウィンドウ領域
- 305 希望する信号源の方向
- 307 放射アンテナエレメント
- 311 強力な干渉源
- 401 送信モデム

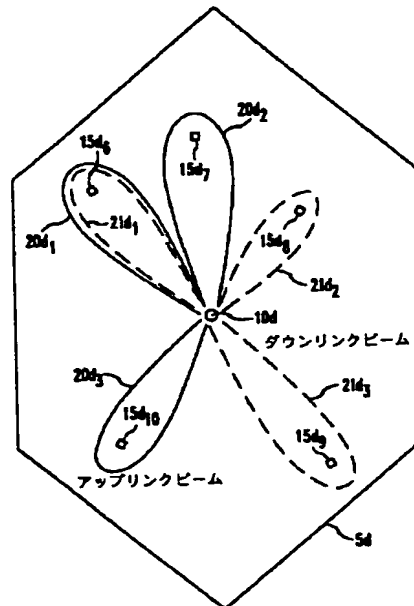
403 電力分配器
 405 乗算器
 407 交換及び総和複合体
 408 アップコンバータ
 409 ミキサ
 411 電力増幅器
 413 ダイプレキサ
 415 ラジエータ
 417 低雑音増幅器
 418 ダウンコンバータ
 419 ミキサ
 421 アップリンク高官御呼び分割複合体

423 乗算器
 425 電力合成器
 427 受信モデム
 429 位相及び振幅コントローラ
 431 局部発振器
 433 電力分配器
 435 局部発振器
 437 電力分配器
 439 位相及び振幅コントローラ
 441 ダイレクトデジタルシンセサイザ
 443 バンドパスフィルタ
 445 増幅器

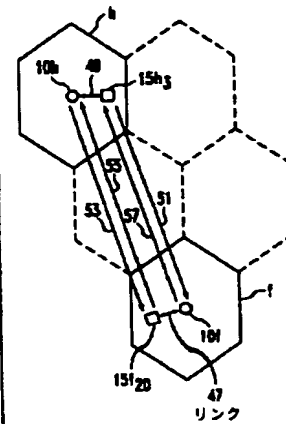
【図1】



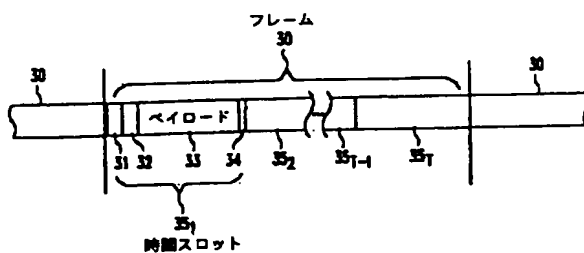
【図2】



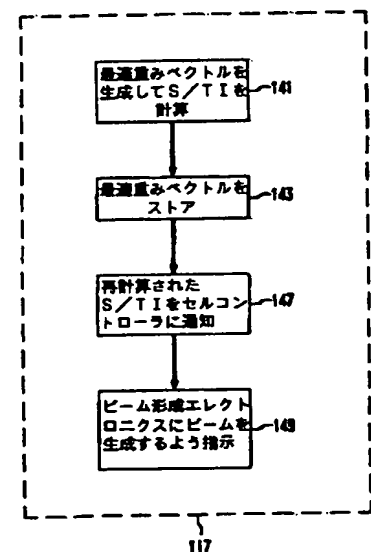
【図6】



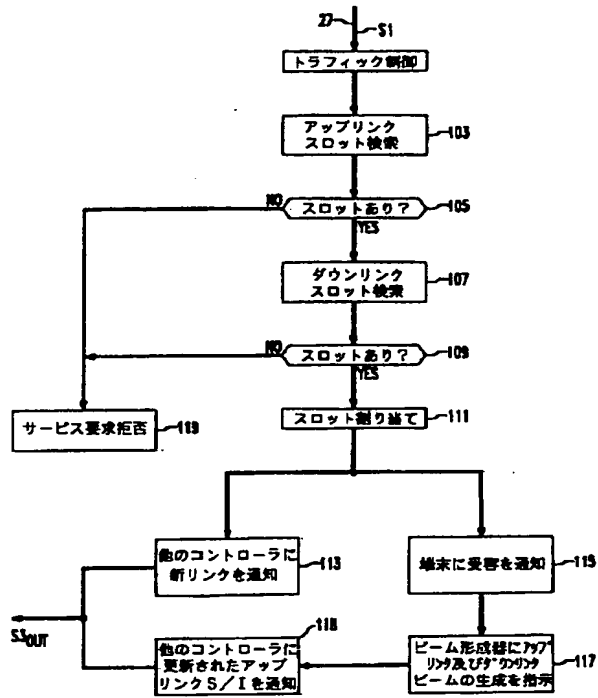
【図3】



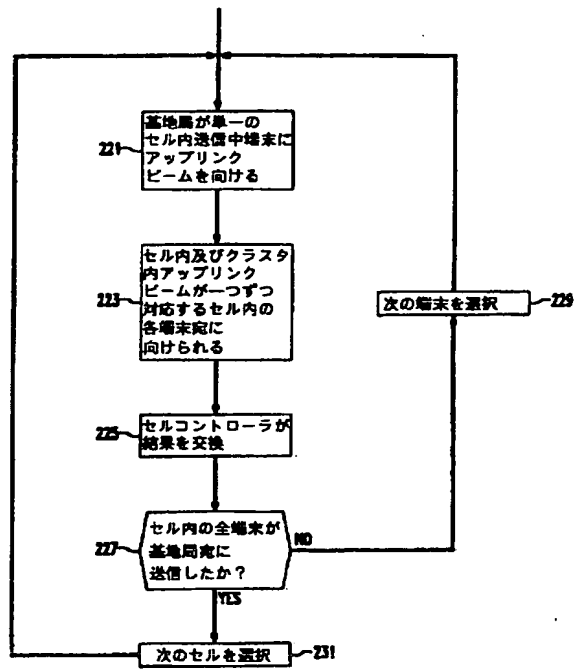
【図12】



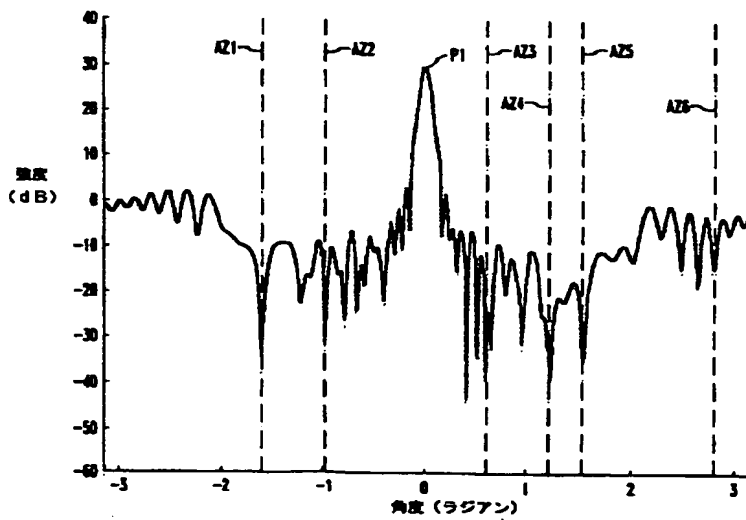
【図4】



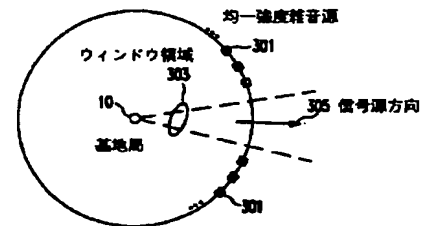
【図8】



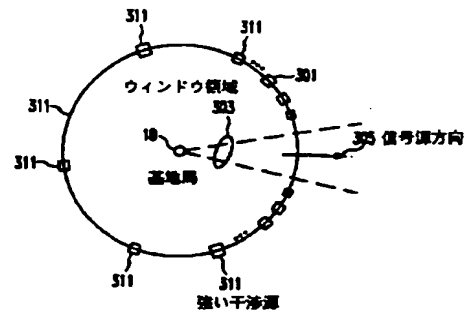
【図5】



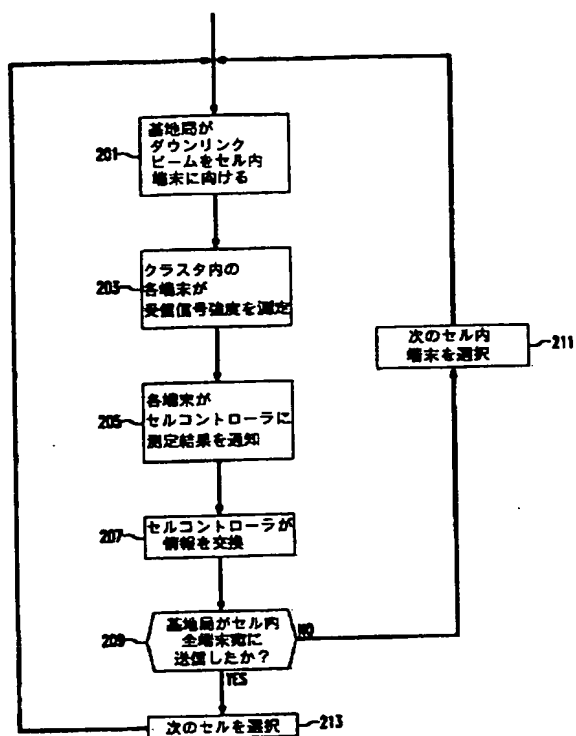
【図13】



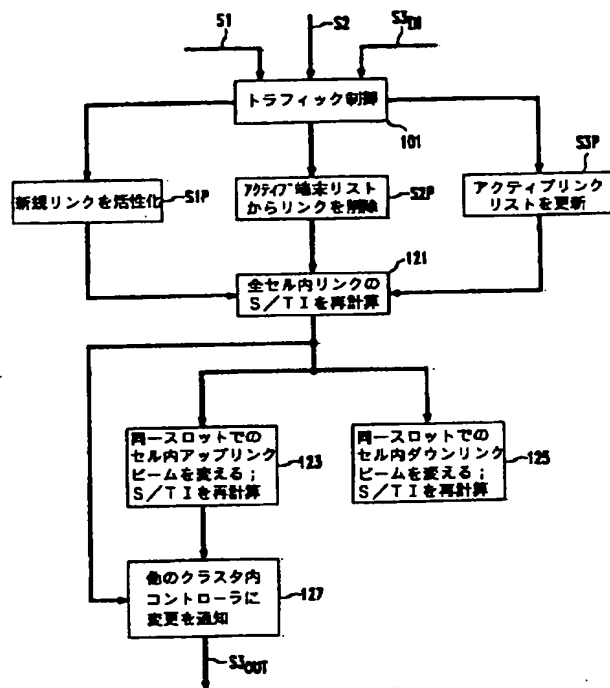
【図15】



【図7】

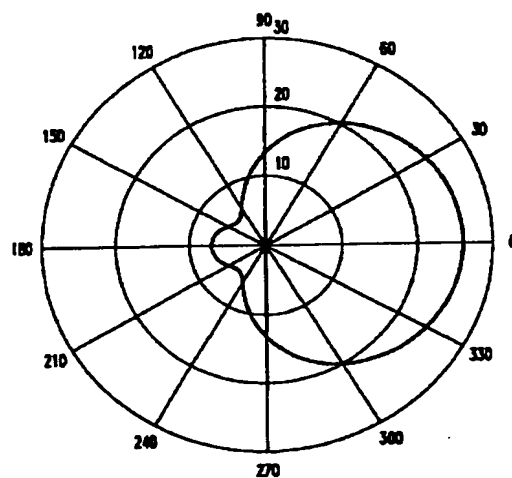


【図9】

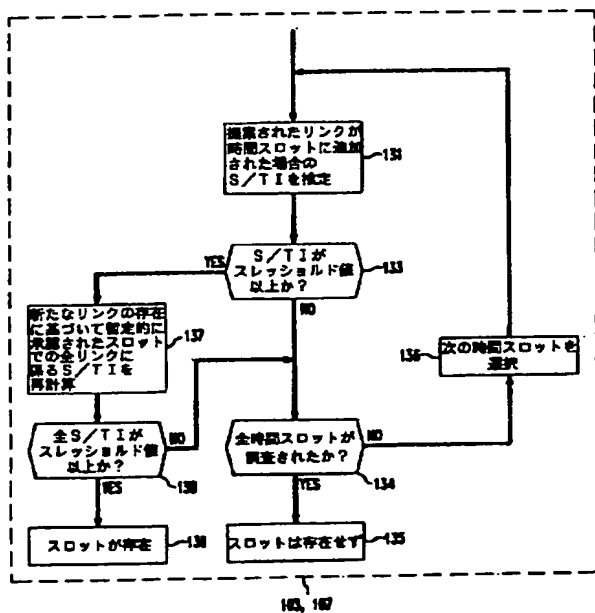


【図11】

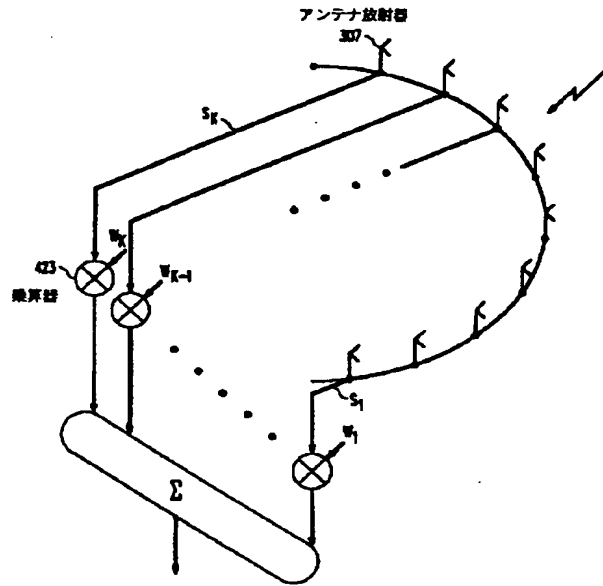
単位アンテナの利得図



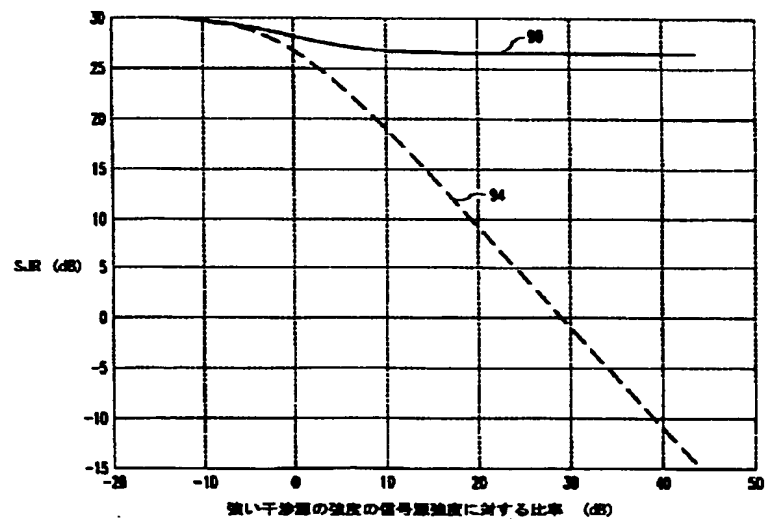
【図10】



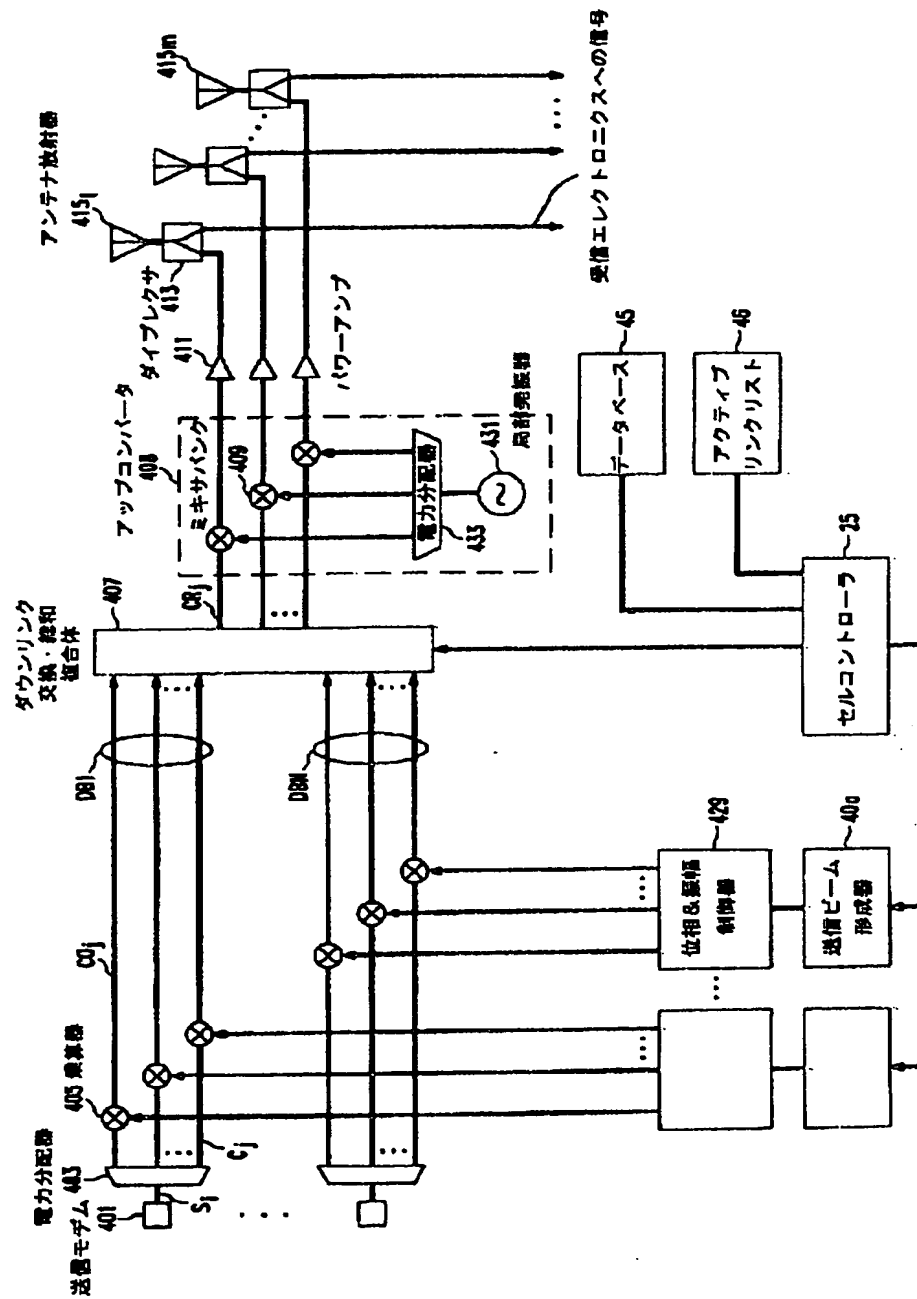
【図14】



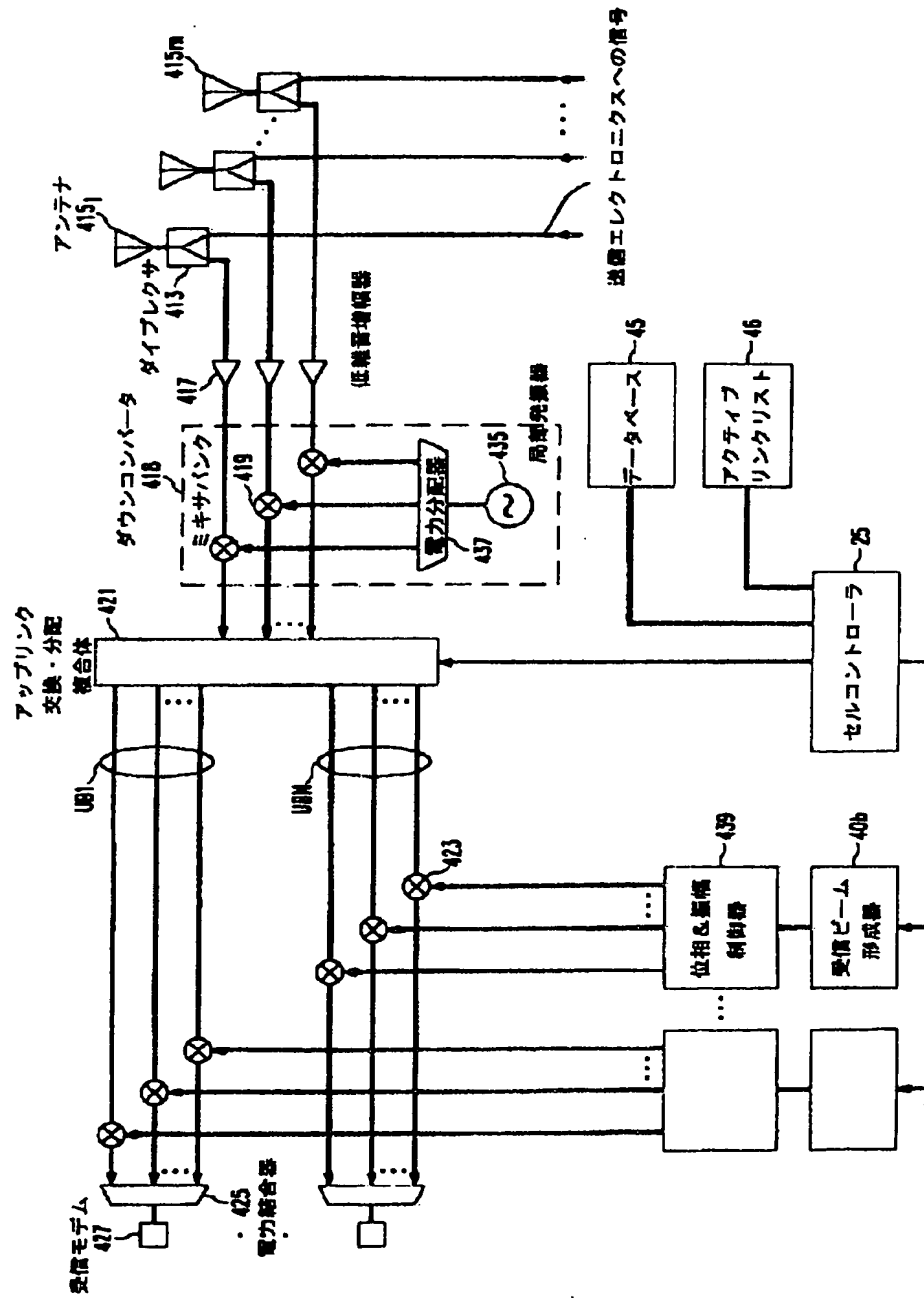
【図16】



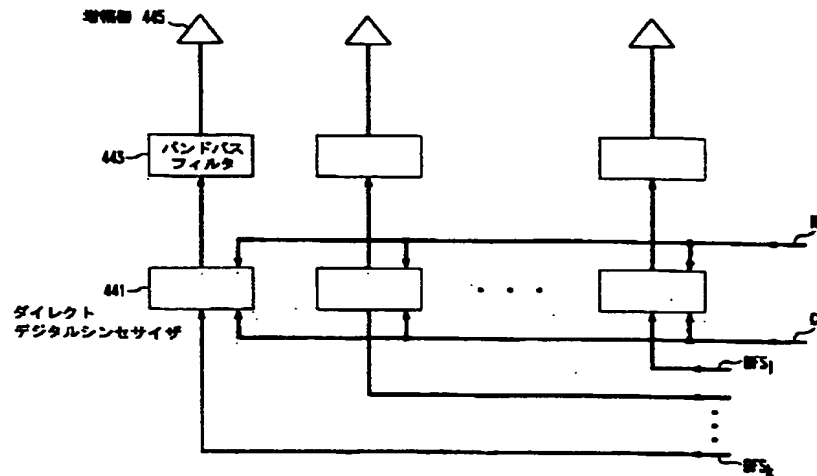
【図17】



【図18】



【図 19】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

H 0 4 Q 7/30

// H 0 4 J 3/16

(71) 出願人 596077259
 600 Mountain Avenue,
 Murray Hill, New Je
 rsey 07974-0636 U. S. A.

(72) 発明者 サンジャイ カストゥリア
 アメリカ合衆国、07748 ニュージャージ
 ー、ミドルタウン、トリンブルフォード
 レーン 3

(72) 発明者 セオドア シザー セカンド
 アメリカ合衆国、07739 ニュージャージ
 ー、リトル シルバー、ブランチ アベニ
 ュー 385

(72) 発明者 レイナルド エー. バレンズエラ
 アメリカ合衆国、07733 ニュージャージ
 ー、ホルムデル、パトリッジ ラン 17

(72) 発明者 グレゴリー アラン ライト
 アメリカ合衆国、07722 ニュージャージ
 ー、コルツ ネック、カウンティ ロード
 イースト 161

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.